

CORPORACIÓN DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO-MINERO-METALÚRGICA



MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS



DEPARTMENT FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT



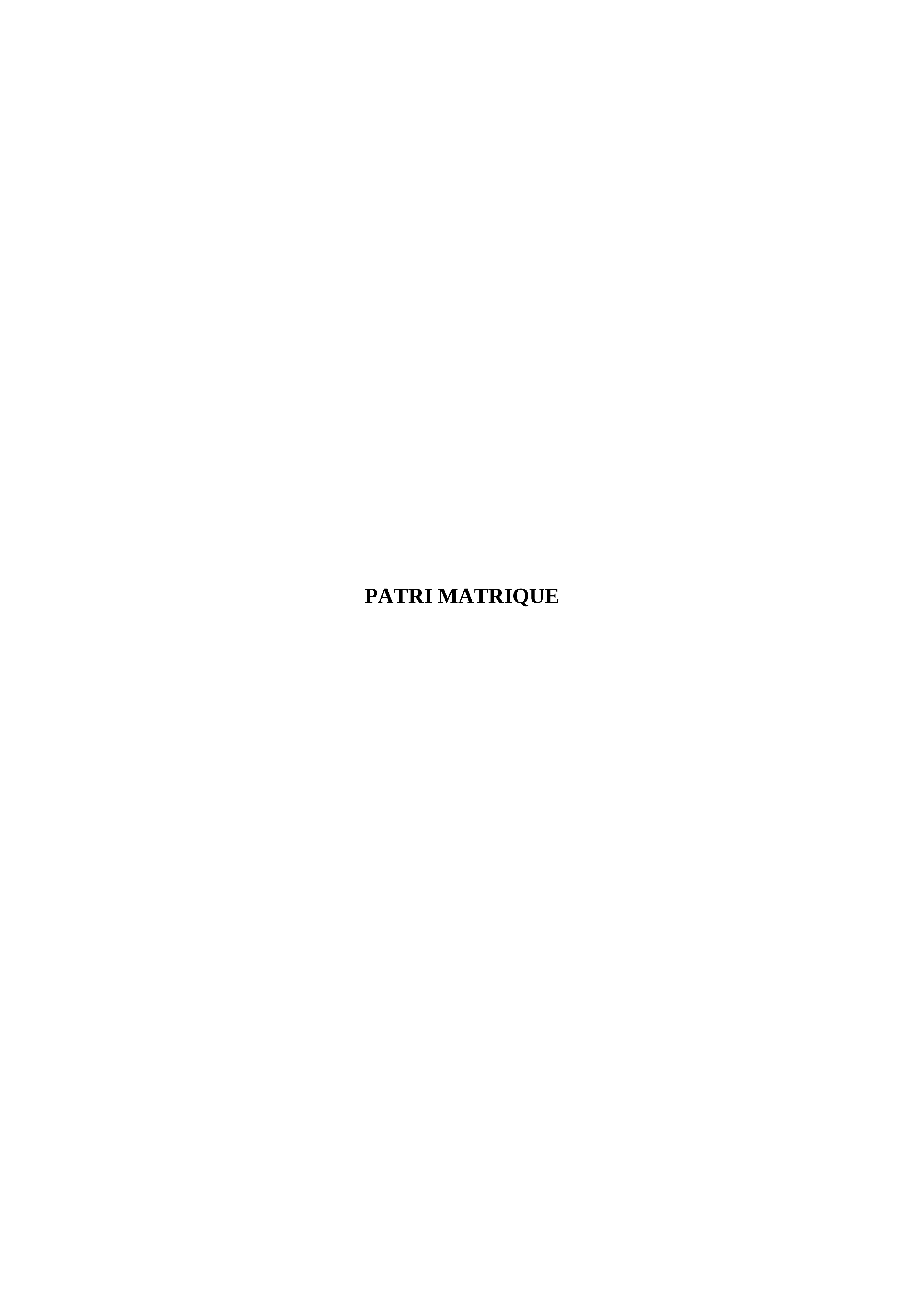
BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

INFORME No. 7

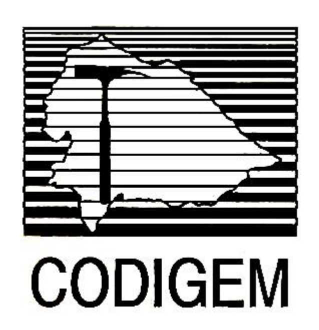
MAPA PARCIAL DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

PROYECTO DE DESARROLLO MINERO Y CONTROL AMBIENTAL DEL BANCO MUNDIAL

PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA (CORDILLERA OCCIDENTAL)



PATRI MATRIQUE





PROYECTO DE DESARROLLO MINERO Y CONTROL AMBIENTAL

PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

Informe Número 7

INVESTIGACIÓN GEOQUÍMICA DE RECONOCIMIENTO DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL ECUADOR ENTRE 2°00’ Y 3°00’S

T. M. Williams

A. Gaibor

P. N. Dunkley

CODIGEM-BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

Quito-Ecuador

1997

Traducción al español por

Stalyn Paucar

2024

PICG PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN GEOQUÍMICA
PERSONAL PARTICIPANTE

Geoquímicos principales
Dr. T. M. Williams
Dr. P. N. Dunkley

Jefe de la Misión Británica
Dr. J. A. Aspden

CODIGEM
Ing. A. Gaibor
Mr. E. Cruz
Arq. V. Acitimbay

OPERACIONES DE CAMPO

Supervisor del grupo	**Supervisor del grupo**	**Supervisor del grupo**
Ing. N. Báez	Ing. J. Bolaños	Ing. E. López
Muestreadores	**Muestreadores**	**Muestreadores**
R. Brito	J. Galarza	W. Castillo
H. Durazno	L. Saltos	M. Cruz
J. Galarza	R. Toco	E. Hinojosa
F. Núñez		E. Romero
H. Núñez		R. Rosales
J. Segovia		J. Solis

Referencia

Williams, T., Gaibor, A. & Dunkley, P. (1997). *Investigación Geoquímica de Reconocimiento de la Cordillera Occidental del Ecuador entre 2°00' y 3°00'S* (Stalyn Paucar, Ed. y Trad., 2024). Informe Número 7. Programa de Información y Cartografía Geológica. BGS-CODIGEM/MEM.

CONTENIDO

FIGURAS

TABLAS

ANEXOS

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes y objetivos

El Programa de Información y Cartografía Geológica (PICG) de la Misión Geológica Británica incorpora los subcomponentes 3.3 y 3.4 del Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental (PRODEMINCA), iniciado en Ecuador en 1995 con financiamiento del Banco Mundial y los gobiernos del Reino Unido (a través del Departamento para el Desarrollo Internacional), Suecia y Ecuador. El objetivo principal del PICG es proporcionar mapas geológicos y datos geocientíficos temáticos para la Cordillera Occidental de Ecuador, para su posterior uso por la Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minero-Metalúrgica del Ecuador (CODIGEM), en la promoción de inversiones sostenibles en el sector de minerales metalíferos.

El levantamiento geológico y temático del PICG abarca un área de 36000 km^2 de la Cordillera Occidental entre las latitudes 1°N y 4°S. Esta zona, que corresponde aproximadamente al 40% del terreno prospectivo (metalífero) de minerales de Ecuador, ha sido subdividida por el PICG en cinco unidades discretas de mapas a escala 1:200000 (Fig. 1), cada una correspondiente a un grado de latitud. Todos los datos geológicos, geoquímicos y temáticos relacionados con estas áreas serán gestionados por CODIGEM en una base de datos Oracle y un entorno GIS de Microstation, facilitando la búsqueda integrada de datos o su publicación a cualquier escala deseada. De acuerdo con los términos de los subcomponentes 3.3. y 3.4 del PRODEMINCA, se ha acordado un calendario de liberación de datos entre la Misión Geológica Británica y CODIGEM, comenzando con los cuadrángulos 2°-3°S y 3°-4°S en 1998.

1.2 Función

Este informe resume la metodología y los resultados de un levantamiento geoquímico de reconocimiento de drenaje en la Cordillera Occidental entre 2°S y 3°S, cuyo muestreo se realizó durante el período de mayo a diciembre de 1996. El área corresponde exactamente a la hoja 2°-3°S de la serie de mapas geológicos PICG 1:200000, sobre la cual se han basado todas las normalizaciones litogeoquímicas y la validación de anomalías.

Los datos descritos en este informe se han compilado para su liberación en formatos digitales de disquete de 1.44 MB y CD-ROM, de acuerdo con los requisitos de los usuarios potenciales (principalmente empresas de exploración) para realizar interpretaciones de datos independientes utilizando una amplia gama de aplicaciones de software. Por lo tanto, la función de este documento es proporcionar una visión general de los datos con referencia a la exploración mineral y aplicaciones ambientales más amplias.

2. ÁREA DE COBERTURA

2.1 Fisiografía

El área 2°-3°S del PICG a escala 1:200000 abarca un tramo de la Cordillera Occidental que se extiende en dirección NE, con un extremo suroeste de 0642-9669 y un extremo noreste de 0750-9780 (coordenadas UTM-SAD69). El área aproximada de cobertura es de 6300 km^2.

La fisiografía regional está dominada por terrenos de alto páramo que superan los 3400 m. El Cerro de Cajas, el pico más alto, tiene una altitud de 4550 m. El drenaje sub-radial en el sector central del área de estudio alimenta los sistemas del Río Paute hacia el sureste y del Río Chaucha hacia el oeste (Fig. 1).

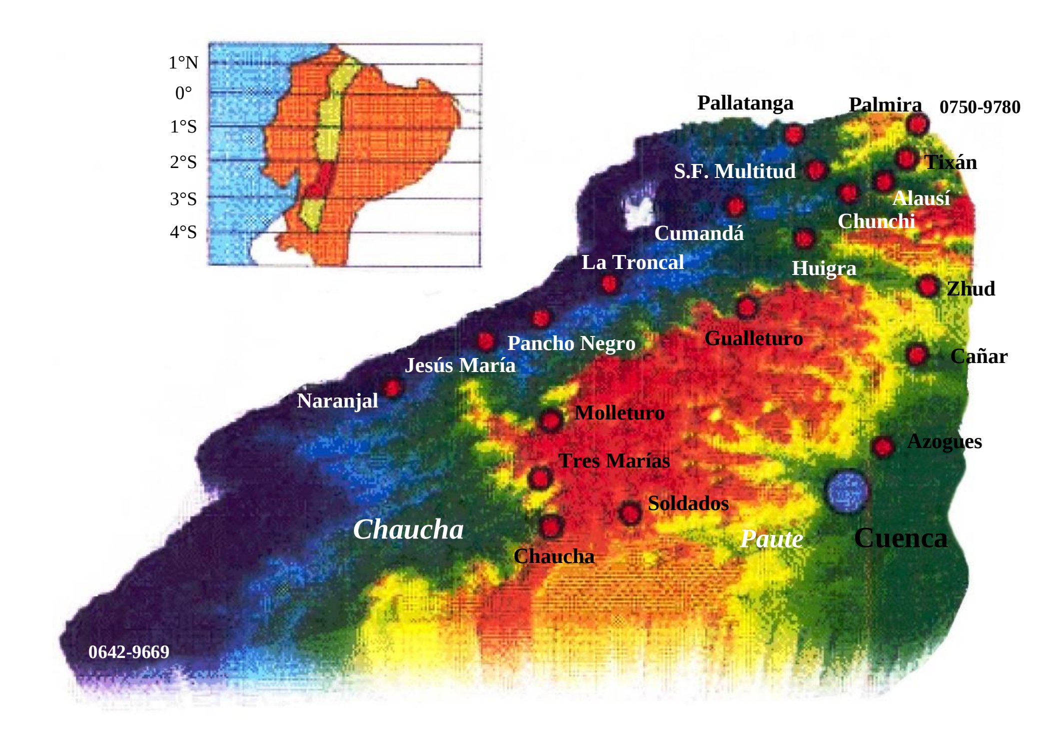


Figura 1. Fisiografía del área 2°-3°S del PICG y posición regional dentro de la zona de cobertura del PICG

La información climática para cuatro estaciones dentro, o en los márgenes de, la zona de cobertura se resume en la Tabla 1. El sector Cañar-Alausí es fresco, con temperaturas raramente superiores a los 15°C. Al oeste de la Cordillera, las estribaciones y llanuras costeras (Naranjal) son cálidas y húmedas, con una temperatura media de aproximadamente 25°C. Los niveles anuales de precipitación dentro y al oeste de la Cordillera se encuentran en el rango de 1000-1200 mm.

Tabla 1. Datos climáticos para cuatro estaciones en la región de Cuenca

Station	Ave. Temp (°C)	Max. Temp (°C)	Rainfall (mm)
El Labrado	8.7	15.1	1193
Manuel Calle	24.5	32.5	1354
Naranjal	25.0	33.4	1092
San Carlos	24.7	32.8	1141

El asentamiento humano y la actividad económica se concentran en Cuenca, la tercera ciudad de Ecuador, con una población superior a los 250000 habitantes. La mayoría de los asentamientos significativos están ubicados a lo largo de la Autopista Panamericana que se extiende hacia el norte a través de los centros provinciales de Cañar y Alausí. Las principales rutas este-oeste son la carretera Cañar-La Troncal hacia las estribaciones occidentales de la Cordillera, la carretera Cuenca-Molleturo y las rutas hacia el este desde Azogues.

2.2 Contexto geológico

El mapeo geológico del área 2°-3°S del PICG a escala 1:200000 fue realizado por personal de la Misión Geológica Británica y CODIGEM durante el período de noviembre de 1995 a agosto de 1997. A continuación, se presenta un resumen de la geología, basado en la descripción de la hoja de Dunkley y Gaibor (1997b). Las Figuras 2 y 3 esquematizan las unidades litológicas principales y sus relaciones litoestratigráficas.

La evolución geológica y la tectonoestratigrafía de la región han sido resumidas por Dunkley y Gaibor (1997b). Las rocas metamórficas de edad pre-Cretácico forman un basamento sobre el cual se acrecionaron basaltos de piso oceánico de la Unidad Pallatanga durante el Cretácico Tardío. Los sedimentos turbidíticos de la Unidad Yunguilla fueron depositados al menos en parte sobre la acrecionada Unidad Pallatanga durante el Maastrichtiano y muestran cierta evidencia de derivación de un área fuente metamórfica. En el Terciario Temprano, el terreno del arco insular ensimático de la Unidad Macuchi se desarrolló hacia el oeste, y las secuencias siliciclásticas de relleno de cuenca del Grupo Angamarca fueron depositadas en un mar marginal entre el arco y el margen continental. En el Eoceno Tardío, el terreno tipo arco fue acrecionado oblicuamente sobre el margen continental y trasladado hacia el norte. Los dos eventos principales de acreción descritos están tectónicamente delineados dentro del área mapeada por las fallas Bulubulu y Chimbo-Cañi, respectivamente.

El volcanismo calcoalcalino de margen continental, relacionado con subducción, del Grupo Saraguro comenzó en el Eoceno Medio más superior y continuó hasta el Mioceno, generando unidades volcánicas extensas de composición intermedia a ácida que ahora dominan los sectores central y oriental de la región. La intercalación de tobas ácidas de flujo piroclástico de edad del Eoceno Medio más tardío dentro de los sedimentos turbidíticos del Grupo Angamarca implica que esta actividad volcánica de margen continental comenzó poco antes del acoplamiento final del Arco Macuchi (Dunkley y Gaibor, 1997b). En el Mioceno Temprano, la tensión E-W resultó en la formación de cuencas intermontanas (incluida la Cuenca de Cuenca) dentro de las cuales se depositaron sedimentos fluvio-marinos. Lavas de andesita del Mioceno Tardío fueron expulsadas desde el estratovolcán Quimsacocha inmediatamente al sur de la línea 3°S (el límite sur del área mapeada).

Durante el Cuaternario, el terreno elevado en el sector centro-sur del área estuvo glaciado. En el norte, cenizas volcánicas del Pleistoceno a Reciente cubren el terreno. En el extremo noreste (entre Tixán y Palmira) se depositó material pumíceo, cenizas y diatomitas en una cuenca fluvio-lacustre.

2.2.1 Basamento metamórfico

Las rocas metamórficas del basamento pre-Cretácico de la Cordillera Occidental afloran a lo largo de una longitud de rumbo de 40 km en un cinturón que se extiende hacia el noreste, limitado al noroeste por la Falla Bulubulu. Afloramientos más pequeños ocurren al noreste alrededor de Guasuntos, y como una serie de inliers delineados por estructuras de rumbo noreste dentro del Batolito de Chaucha. Las litologías son predominantemente filitas y esquistos con psamitas y conglomerados intercalados, aunque localmente se encuentran rocas gneisificadas de probable origen ígneo. El grado metamórfico generalmente es bajo, pero en algunos lugares se han reconocido minerales como granate, sillimanita y andalucita.

2.2.2 Unidad Pallatanga

Las lavas basálticas masivas y almohadilladas de grano fino de la Unidad Pallatanga forman un cinturón prácticamente continuo de rumbo NNE a lo largo de las estribaciones occidentales de la región. Hacia el sureste, están falladas contra el basamento metamórfico y las rocas volcánicas del Grupo Saraguro a lo largo de la Falla Bulubulu. A lo largo del margen noroeste, los basaltos están delimitados por la Falla Multitud. Se producen zonas de cizallamiento intenso y en algunos lugares los basaltos están tectónicamente intercalados con unidades litológicas limitantes. Los basaltos son de composición toleítica y tienen características de elementos traza muy similares a los basaltos de fondo oceánico. La edad de la Unidad Pallatanga es incierta, pero una correlación tentativa con la Formación Piñón de la costa implica un origen del Cretácico Medio.

2.2.3 Unidad Yunguilla

La secuencia de abanico turbidítico marino de la Unidad Yunguilla aflora en el extremo norte del área y en el suroeste. En ambas áreas está fallada e intercalada tectónicamente con la Unidad Pallatanga. Las litologías comprenden areniscas fino-granulares, y lodolitas, limolitas gris-oscuro con estratos delgados. Las primeras contienen cuarzo deformado y algo de moscovita detrítica, lo que posiblemente indica un origen metamórfico. Las determinaciones de edad paleontológica para la Unidad Yunguilla indican una edad del Maastrichtiano.

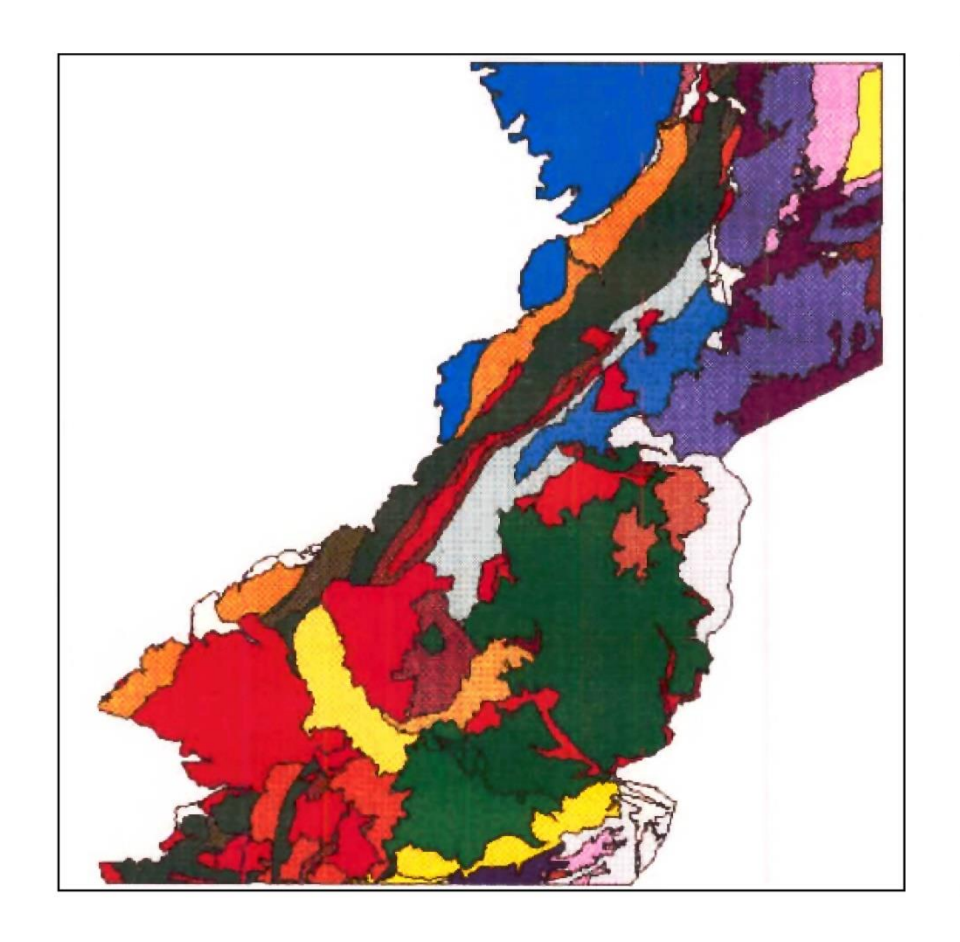


Figura 2. Esquema litológico simplificado de la Cordillera Occidental entre 2°-3°S (según Dunkley y Gaibor, 1997b)

Nota: Polígonos no codificados = deslizamientos de tierra o cobertura cuaternaria

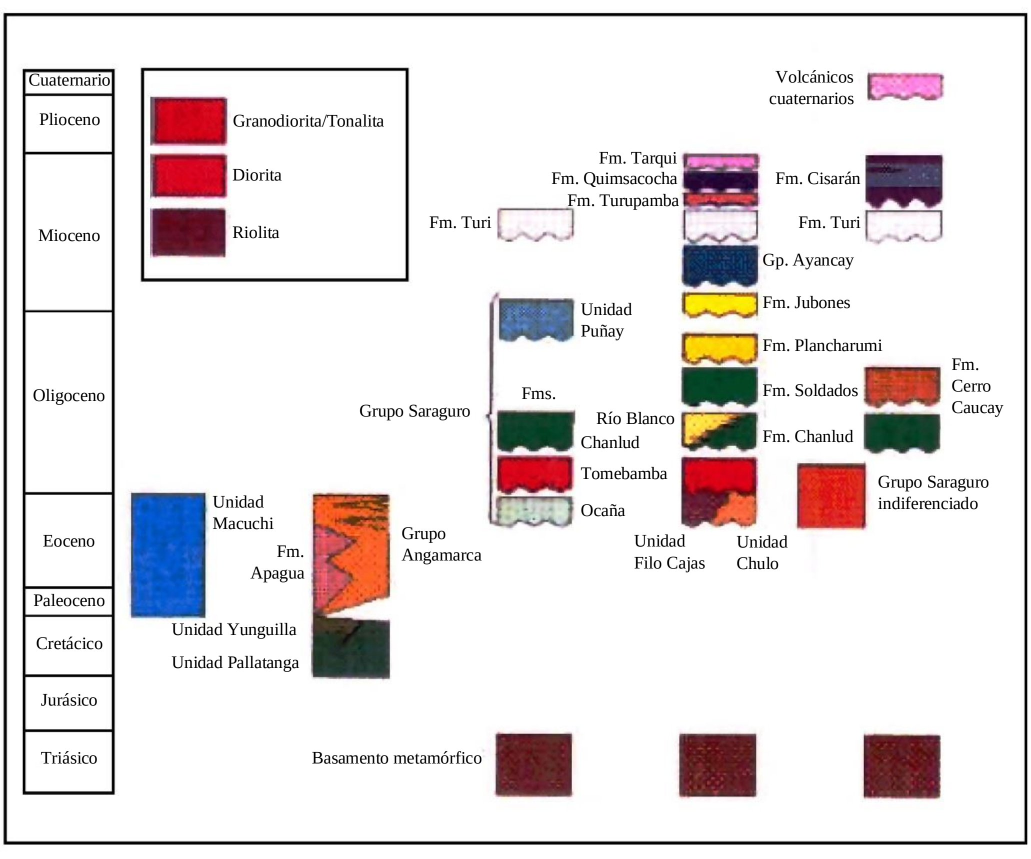


Figura 3. Litoestratigrafía simplificada de la Cordillera Occidental entre 2°-3°S (según Dunkley y Gaibor, 1997b)

Nota: La posición de las rocas intrusivas no tiene significado cronológico

2.2.4 Unidad Macuchi

La Unidad Macuchi aflora extensamente en el noroeste del área en varios bloques fallados hacia el este contra el Grupo Angamarca. Está compuesta principalmente por rocas volcánicas subacuáticas basálticas y andesíticas volcanoclásticas con algunas lavas e intrusiones de alto nivel de grano fino. Las litologías dominantes son areniscas volcánicas, tobas basálticas y hialoclastitas. También se encuentran lavas almohadilladas y brechas almohadilladas. Las rocas presentan evidencia extensiva de retrabajamiento y emplazamiento por procesos de flujos en masa. Muchas de las areniscas fueron depositadas por corrientes turbidíticas. Análisis químicos de lavas dentro de la unidad al norte del área de estudio indican composiciones basálticas y andesíticas de afinidad toleítica a calcoalcalina con características de elementos traza de arco de isla. Egüez (1986) ha reportado radiolarios del Eoceno Temprano a Medio y foraminíferos del Eoceno Temprano del área tipo en Macuchi, además de dos edades K-Ar de 41.6 ± 2.1 Ma y 35.8 ± 1.8 Ma.

2.2.5 Grupo Angamarca

La secuencia siliciclástica de relleno de cuenca del Grupo Angamarca, en general contemporánea con la Unidad Macuchi, aflora como una secuencia turbidítica, de estratos delgados a medios, de areniscas, limolitas y lodolitas a lo largo de un tramo limitado por fallas, de aproximadamente 50 km de longitud en rumbo, entre las unidades Macuchi y Pallatanga en el noroeste del área. Una Formación diferenciada dentro del grupo, la Formación Apagua, forma un afloramiento adicional que linda con la Unidad Macuchi cerca de la línea 2°S. Se encuentran intercalaciones de tobas dacíticas primarias y secundarias dentro de las areniscas y limolitas turbidíticas. Se obtuvo una edad de traza de fisión de 37.8 ± 3.5 Ma a partir de una toba de flujo piroclástico dacítico intercalada dentro de los sedimentos turbidíticos en Guamampata.

2.2.6 Grupo Saraguro

El Grupo Saraguro es la unidad geológica más extensa del área, ocupando las tierras altas al sur del Río Cañar y extendiéndose hasta Huigra. Ha sido definido por Dunkley y Gaibor (1997b) como una secuencia de rocas volcánicas subaéreas calcoalcalinas intermedias a ácidas de edad del Eoceno Medio tardío al Mioceno Temprano. El grupo descansa discordantemente sobre, o está fallado contra, las rocas del basamento metamórfico y la Unidad Pallatanga. Predominan composiciones andesíticas y dacíticas, pero las rocas riolíticas también son comunes y las composiciones de andesita basáltica están presentes en cantidades muy pequeñas. Dunkley y Gaibor (1997b) han mapeado once unidades litológicas discretas que abarcan desde el Eoceno Medio hasta el Mioceno Temprano:

2.2.6.1 La Formación Ocaña es la unidad reconocida más antigua del Grupo Saraguro. Su afloramiento forma un cinturón de rumbo noreste que está limitado en parte al noroeste por la Falla Bulubulu. Consiste principalmente en tobas dacíticas de flujo piroclástico, masivas y soldadas, con cantidades menores de brechas y sedimentos volcanoclásticos retrabajados. La unidad tiene una edad del Eoceno Medio superior al Eoceno Tardío. Se reportan edades de traza de fisión de 37 ± 1.5 Ma y 38.6 ± 1.3 Ma según Dunkley y Gaibor (1997b), mientras que Egüez et al. (1992) reportan una edad K-Ar de 35.9 ± 0.9 Ma para rocas cerca de Huigra que posteriormente fueron incluidas en la Formación.

2.2.6.2 La Unidad Chulo aflora en el área de Cajas al sureste de Molleturo. Su estratigrafía y estructura son poco comprendidas. Consiste en una secuencia diversa de tobas riolíticas y riodacíticas, brechas, sedimentos y riolitas. La unidad aflora en el núcleo de una estructura a grandes rasgos de tipo domo. Hacia el oeste está cubierta por la Unidad Filo Cajas y, hacia el norte, este y sur, por las tobas Tomebamba y la Formación Chanlud. La edad de la unidad es incierta, pero se le asigna una edad del Eoceno Tardío con base en las relaciones de campo con unidades suprayacentes.

2.2.6.3 La Unidad Filo Cajas forma el prominente escarpe del Filo Cajas. Lavas dacíticas afloran en la base del escarpe y están cubiertas por una toba dacítica de flujo piroclástico, soldada, rica en cristales, de color verde-gris oscuro con más de 100 m de espesor, que forma la cima con disyunción columnar de la cresta y aflora en toda el área de Lagunas Playas Encantadas. La toba contiene abundantes cristales de cuarzo y numerosos grandes bloques de lava andesítica y dacítica que en algunos lugares constituyen hasta el 50% de la roca. Esta toba distintiva está cubierta por una secuencia bien estratificada de tobas dacíticas y riolíticas con disyunción en lajas. La edad de la unidad es incierta. Descansa discordantemente sobre la Unidad Chulo y está cubierta por lavas e intruida por diques de la Formación Chanlud. Por lo tanto, se asume que tiene una edad del Eoceno Tardío u Oligoceno Temprano.

2.2.6.4 La Unidad Tomebamba consiste en tobas de flujo piroclástico de composición intermedia. Se encuentran en la parte sureste de Cajas en el valle de Tomebamba y alrededor de Gualleturo en el lado sur del valle del Cañar. En ambas áreas consisten principalmente en tobas de flujo piroclástico con líticos-lapilli, masivas, de color pálido a verde medio, de composición andesítica de alta sílice a dacítica de baja sílice. Contienen cristales de feldespato y anfíbol que generalmente están cloritizados. A diferencia de otras unidades piroclásticas dentro del Grupo Saraguro, los cristales de cuarzo son poco comunes o están ausentes. La soldadura y las texturas eutaxíticas son comunes. La Unidad Tomebamba descansa sobre rocas volcánicas ácidas más antiguas de la Formación Ocaña y la Unidad Chulo, y está cubierta por lavas de andesita de la Formación Chanlud. Se reporta una edad de traza de zircón de 34.1 ± 1.3 Ma según Dunkley y Gaibor (1997b) de una toba cerca de la base de la unidad en el área de Cajas.

2.2.6.5 La Formación Chanlud aflora en un área de aproximadamente 1200 km^2 en las tierras altas al norte y oeste de Cuenca y alcanza un espesor de 1000 m. Predominan lavas andesíticas subhorizontales a suavemente inclinadas con brechas asociadas y menores intercalaciones de sedimentos volcánicos arenosos y tobas. Los diques de andesita, en su mayoría con rumbo ESE, son comunes y actuaron como alimentadores de las lavas. Aunque predominantemente de composición andesítica, los flujos superiores son dacíticos o riodacíticos en varias localidades, y algunos de los diques son basálticos. La Formación Chanlud descansa discordantemente sobre rocas plegadas e inclinadas de las Formación Ocaña, y Unidades Chulo, Filo Cajas y Tomebamba. Está cubierta discordantemente por las Formaciones Soldados y Cerro Caucay. Se le asigna una edad del Oligoceno Temprano por inferencia con la edad de las unidades suprayacentes e infrayacentes.

2.2.6.6 La Formación Río Blanco aflora en una amplia cresta de rumbo NW que se extiende hacia el sureste y noroeste de Molleturo. Está compuesta principalmente por lavas andesíticas con hiperstena y hornblenda fuertemente feldespáticas, tobas de flujo piroclástico y brechas con intercalaciones de sedimentos volcanoclásticos arenosos, intruidas por pequeños cuerpos de meladiorita de grano fino. Aunque predominan las composiciones andesíticas, algunas tobas son dacíticas. Al menos parte de la Formación fue depositada subacuáticamente. Cerca de Río Blanco, la Formación descansa discordantemente sobre rocas plegadas de la Unidad Chulo. Al oeste de Hierba Buena descansa discordantemente sobre basaltos muy cizallados de la Unidad Pallatanga. En el extremo oriental del afloramiento, la Formación está sobreyacida por la Formación Soldados. Por inferencia, se asigna una edad del Oligoceno Temprano a la Formación Río Blanco.

2.2.6.7 La Formación Cerro Caucay aflora en las tierras altas al oeste de Cañar y en pequeños outliers tan al suroeste como Laguna Machángara. Está compuesta por tobas piroclásticas riolíticas de hasta 450 m de espesor, descansando discordantemente sobre lavas de la Formación Chanlud. Las tobas muestran texturas vitroclásticas bien conservadas y contienen abundantes cristales de feldespato, biotita, anfibol y cuarzo. Las texturas eutaxíticas ocurren en todo el afloramiento y las zonas ultra-soldadas muestran evidencia de reomorfismo en forma de plegamiento de flujo. Las tobas son vítreas o finamente recristalizadas, y en varios lugares se conservan zonas fuertemente soldadas como obsidiana original. Se han reportado dos edades de traza de fisión de zircón de 30.2 ± 1.1 y 27 ± 1.0 por Dunkley y Gaibor (1997b).

2.2.6.8 La Formación Soldados consiste en tobas de flujo piroclástico dacíticas ricas en cristales, subhorizontales a suavemente inclinadas, que afloran en la parte central-sur del área mapeada. Al noreste de Soldados descansa discordantemente sobre lavas de la Formación Chanlud. En el oeste descansa sobre la Formación Río Blanco. Inmediatamente al sur de Soldados está sobreyacida discordantemente por la Formación Plancharumi. La Formación alcanza un espesor de más de 300 metros alrededor de Soldados, consistiendo en tres unidades masivas de tobas de flujo piroclástico, con disyunción columnar, sobreyacidas por varias unidades más delgadas. Las tobas contienen abundantes feldespatos y cristales de cuarzo redondeados, cantidades menores de anfibol y en algunas localidades trazas de biotita. Una característica distintiva es la presencia ubicua de abundante lapilli clorítico verde con márgenes difusos, interpretados como coágulos magmáticos pobremente vesiculares dentro de los flujos piroclásticos originales. La Formación tiene una edad del Oligoceno Tardío. Rivera et al. (1992) reportan dos edades K/Ar de biotita de 26 ± 0.8 Ma y 27 ± 0.7 Ma a partir de tobas cerca de Soldados. También se ha obtenido una edad de traza de fisión de zircón de 29.8 ± 1.2 Ma (Dunkley y Gaibor, 1997b).

2.2.6.9 La Formación Plancharumi consiste en una secuencia fluvio-lacustre de depósitos volcanoclásticos riolíticos pobremente litificados, sedimentos y lavas que afloran a lo largo del margen sur del área alrededor de Soldados y se extienden hacia el oeste hasta Pimo. Descansa discordantemente sobre la Formación Soldados. La Formación se caracteriza por depósitos de flujos piroclásticos muy ricos en lapilli de pómez y por tobas de caída de aire primarias, de grano fino, bien estratificadas, con lapilli acrecionario. Las lavas riolíticas están intercaladas con las rocas volcanoclásticas en el oeste, y brechas riolíticas de origen autoclástico y de flujos masivo ocurren en toda la Formación. Se ha obtenido una edad de traza de fisión de zircón de 25.7 ± 1.1 Ma a partir de una toba de caída de aire primaria (Dunkley y Gaibor, 1997b).

2.2.6.10 La Unidad Puñay aflora en un cinturón de rumbo noreste en el sector central del área de estudio. Está compuesta principalmente por lavas andesíticas con anfíboles, brechas, areniscas y limolitas (incluyendo capas rojas). Descansa sobre y está fallada contra la Formación Ocaña hacia el noroeste y la Formación Chanlud hacia el sur. En Cerro Puñay se inclina uniformemente hacia el suroeste a unos 45° y tiene un espesor de aproximadamente 3000 m. Más hacia el este, entre Huigra y Chanchán, la unidad contiene una proporción más alta de material sedimentario y consiste en areniscas volcánicas, tobas líticas andesíticas, brechas, limolitas rojo-púrpura y lavas subordinadas. Las areniscas presentan secuencias de Bouma, lo que indica deposición por corrientes de turbidez. Se reportan edades K/Ar de roca total y de plagioclasa de 21.0 ± 1.0 Ma y 27 ± 0.9 Ma, respectivamente, de esta sección (Egüez et al., 1992).

2.2.6.11 La Formación Toba Jubones aflora a lo largo del margen sur del área en el alto páramo. Descansa con discordancia angular sobre las Formaciones Plancharumi y Soldados y está sobreyacida con una discordancia fuerte por la Formación Quimsacocha. La Formación comprende una toba de flujo piroclástico riolítica soldada muy gruesa con abundantes cristales de feldespato, cuarzo y biotita. Pratt et al. (1997) reportan una edad K/Ar de 22.76 ± 0.97 Ma.

2.2.7 Grupo Ayancay

El Grupo Ayancay de la Cuenca de Cuenca se extiende hacia el norte desde Cuenca hacia Azogues y Cañar. El grupo comprende sedimentos de origen fluvial que consisten principalmente en areniscas, lodolitas y limolitas verdes-rojas, tobas raras, estratos carboníferos y conglomerados. Descansa discordantemente sobre el Grupo Saraguro y está sobreyacido por la Formación Turi. La deposición del Grupo comenzó después de aproximadamente 18 Ma y se completó alrededor de 10 Ma.

2.2.8 Formación Turi

Las rocas sedimentarias de la Formación Turi están confinadas a la Cuenca de Cuenca y sus extensiones, aflorando en el extremo este y sureste del área de estudio, y en el área entre Cañar y Suscal. Consiste principalmente en conglomerados gruesos pobremente litificados y brechas-conglomerados de composición andesítica intercaladas con areniscas tobáceas de color pálido y limolitas tobáceas. La Formación Turi descansa discordantemente sobre el Grupo Saraguro y está sobreyacida por la Formación Quimsacocha. Anteriormente se consideraba que tenía una edad del Plioceno (Bristow y Parodiz, 1982), pero dataciones de trazas de fisión más recientes indican una edad del Mioceno Tardío de 8-9 Ma.

2.2.9 Formación Turupamba

La Formación Turupamba se encuentra en dos áreas muy pequeñas en el extremo sur del área de estudio. Consiste en tobas de lapilli pómez ácidas con cristales de cuarzo y fragmentos de carbón. Sobreyace a la Formación Turi y parece ser anterior a la Formación Quimsacocha.

2.2.10 Formación Quimsacocha

Aflora a lo largo del margen sur del área de estudio, extendiéndose hacia el sur hasta el edificio volcánico erosionado de Quimsacocha. Está compuesta por lavas de andesita y brechas asociadas que se inclinan radialmente desde Quimsacocha. Las rocas son de color verde-gris oscuro y porfíricas con microfenocristales aciculares de anfíbol. La Formación se sobrepone discordantemente al Grupo Saraguro y a la Formación Turi. Su edad es incierta, pero sus relaciones de contacto con las Formaciones Turi y Tarqui indican una edad del Mioceno Tardío.

2.2.11 Formación Tarqui

Está preservada solo a lo largo de los interfluvios al suroeste de Cuenca. Está compuesta por tobas ácidas caolinizadas blancas y rojas que cubren todas las unidades litológicas más antiguas. Es equiparada con la Formación Tambo Viejo, de edad del Mioceno más superior (Hungerbühler y Steinmann, 1996). La caldera de Quimsacocha podría haber actuado como fuente para algunas de las tobas de la Formación Tarqui (Pérez, 1990).

2.2.12 Formación Cisarán

Aflora en gran parte del sector noreste del área. Entre Zhud y Alausí alcanza un espesor de 2200 m, compuesto por lavas intermedias estratificadas y rocas volcanoclásticas extremadamente gruesas y mal sorteadas. La parte basal está dominada por lavas andesíticas y dacíticas que pasan a una secuencia gruesa de brechas andesíticas gruesas a muy gruesas y mal sorteadas con intercalaciones de areniscas volcánicas de color crema, tobas y lavas. Los sedimentos están cubiertos por lavas andesíticas y dacíticas que forman una serie de mesetas altas culminando en la cumbre del Cerro Cisarán. La Formación descansa sobre la Formación Turi. Se han obtenido edades de trazas de fisión de 6.8 ± 0.8 Ma de sedimentos tobáceos en la parte inferior de la secuencia, y de 6.9 ± 0.7 Ma de lavas de andesita al sureste de Pallatanga. También una datación K/Ar de 7.15 ± 0.38 Ma de una lava intercalada en los sedimentos más altos cerca de la cumbre del Cerro Cisarán.

2.2.13 Depósitos cuaternarios

Los aluviones ocurren en todos los valles fluviales y forman vastas extensiones a lo largo de los márgenes de la cordillera y en la Cuenca de Cuenca. Grandes conos aluviales existen donde los ríos principales desembocan en la llanura costera, y los abanicos coluviales ocurren en áreas montañosas propensas a deslizamientos. También se encuentran terrazas aluviales en algunos de los valles más grandes, por ejemplo, en el Valle de Chimbo al sur de Pallatanga. Los depósitos volcánicos cuaternarios consisten principalmente en cenizas que cubren grandes áreas en el noreste, extendiéndose hasta la zona de Huigra. También se conservan flujos de pómez dacíticos jóvenes (ignimbritas) no consolidados en los costados del valle cerca de Alausí. Una cuenca sedimentaria de sedimentos volcánicos fluvio-lacustres relativamente gruesos se encuentra a ambos lados de la carretera Panamericana extendiéndose al norte de Tixán hasta Palmira. Estos depósitos fueron previamente cartografiados como la Formación Palmira y consisten en depósitos volcánicos pumíceos poco consolidados, tobas, areniscas y diatomitas. También se encuentran depósitos lacustres jóvenes que incluyen arenas, conglomerados y tobas finas cerca de Chanchán, donde el valle parece haber sido previamente represado por un gran abanico coluvial.

2.2.14 Rocas intrusivas

La intrusión más grande de la región es el Batolito Chaucha, expuesto en el suroeste alrededor de Chaucha, Naranjal y Carmen de Pijilí. Está compuesto principalmente de granodiorita y tonalita con biotita-hornblenda. Se han reportado dos edades K/Ar: 9.77 ± 0.29 Ma (Müller-Kahle y Damon, 1970) y 12 ± 0.6 Ma (Snelling, 1969). Intrusiones lineales de rocas granodioríticas con biotita-hornblenda ocurren a lo largo del contacto entre la Unidad Pallatanga y el basamento a lo largo de una longitud de 40 km en dirección noreste desde el Batolito Chaucha. Dioritas con hornblenda de grano medio a grueso, con poco o sin cuarzo, se encuentran en una línea al sureste de las granodioritas, siendo la más grande de ellas la que aflora alrededor de Molleturo y se extiende hacia el norte hasta el Río Patul. En el norte existen stocks e intrusiones tipo sill de diorita con hornblenda, de los cuales uno ha dado una edad K/Ar de 7.59 ± 0.35 Ma. Los domos y sills intrusivos de riolita de alto nivel son comunes en todo el afloramiento del Grupo Saraguro. Un grupo de tales domos se encuentra alrededor de Laguna Totoras y varios más están presentes en el Valle de Cañar. Grandes sills de meladiorita y diques de andesita intruyen la Formación Chanlud, con la cual fueron ampliamente coetáneas, y las meladioritas de grano fino intruyen la Formación Río Blanco, con la cual probablemente fueron comagmáticas.

2.2.15 Estructura

Las fallas dominan la estructura del área. Las tendencias regionales son predominantemente NE-SW a NNE-SSW, aunque en el sur del área se observan tendencias NW-SE y en menor medida E-W. Una zona importante de fallas paralelas y anastomosadas que se extienden a lo largo del margen oeste del área tienen una tendencia NE. Las principales fallas dentro de esta zona marcan los límites entre varias unidades lito-tectónicas fundamentales y contrastantes. La más noroccidental de estas fallas mayores es la Falla Chimbo-Cañi, ubicada a lo largo del Valle de Chimbo, que marca el límite oriental de las rocas del arco de islas de la Unidad Macuchi y el límite occidental de los sedimentos turbidíticos del Grupo Angamarca. La Falla Multitud al sureste marca el límite entre el grupo Angamarca y los basaltos de fondo oceánico de la Unidad Pallatanga hacia el este. Más al sureste, la Falla Bulubulu marca el límite oriental de la Unidad Pallatanga y el límite occidental del basamento metamórfico que subyace a la cobertura volcánica más joven de la cordillera hacia el este. Las fallas Bulubulu y Multitud convergen hacia el norte y juntas forman una extensión meridional del Sistema de Fallas Pallatanga. Los patrones de desplazamiento de las unidades litológicas junto con la evidencia limitada de estructuras S-C indican un movimiento de rumbo dextral a lo largo de estas zonas de falla. En las tierras altas al oeste de Cuenca, el Grupo Saraguro está intensamente fracturado por fallas NW-SE e intruido por un enjambre de diques de la misma orientación. Esta tendencia de fractura puede ser una característica relativamente superficial, que representa cizallas Riedel formadas en la cobertura en respuesta al movimiento de rumbo dextral a lo largo de las fallas NE-SW más fundamentales. Se encuentran pliegues en el Grupo Angamarca y en la Unidad Puñay, con ejes que se orientan en dirección NNE-SSW a NE-SW.

2.3 Mineralización

El prospecto más documentado dentro de la región es el sistema pórfido en Chaucha, registrado por primera vez en 1968 durante un programa de reconocimiento del PNUD (UNDP, 1969). La mineralización en el margen del batolito ocurre como brechas hidrotermales, vetillas y diseminaciones asociadas con zonas de alteración potásica, fílica, argílica, silícica y propilítica. La exploración superficial ha delimitado 5 zonas de mineralización, la más grande de las cuales tiene reservas probadas de 55 millones de toneladas con leyes de 0.57% de Cu y 0.3% de Mo.

Existen varios prospectos dentro o cerca de los márgenes de las intrusiones principales. En el área de Carmen de Pijilí, la mineralización de oro ocurre en vetas de cuarzo polimetálicas dentro de las unidades Pallatanga y Yunguilla en el margen del batolito de Chaucha. Una amplia zona de intensa silicificación con mineralización de oro se encuentra en el sector sureste de la Formación Río Blanco en la zona de techo del batolito de Chaucha. En el sector noroeste de la Formación Soldados aflora mineralización de Ag-Cu-Pb-Zn-Bi-Sb asociada con zonas de silicificación y emplazamiento de conductos de brecha. En las cercanías del margen de la diorita de Molleturo se encuentran vetas polimetálicas de cuarzo con sulfuros de Cu-Pb-Zn. Asimismo, se reportan ensamblajes polimetálicos (Au-Ag-Pb-Zn-Cu) de carácter epitermal en varias áreas de la región de Gualleturo-Ger-Purubín.

3. PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO Y ANÁLISIS

Los métodos de muestreo y análisis empleados por el proyecto, así como los procedimientos utilizados para monitorear y controlar la calidad del análisis químico, se describen detalladamente por Dunkley et al. (1997) y Dunkley y Gaibor (1997a). Las características más destacadas de estos métodos se presentan en las siguientes secciones.

3.1 Sistema de numeración

A lo largo del levantamiento geoquímico del PICG, las muestras fueron numeradas aleatoriamente utilizando un sistema basado en el de Plant (1973) y Garrett (1983), con el fin de evitar fronteras de campaña inducidas analíticamente (dentro o entre las áreas de los mapas) y/o la generación de anomalías espurias de múltiples muestras. Antes de muestrear el área del PICG entre 4°-1°S, se numeraron secuencialmente diez mil bolsas de muestreo, se aleatorizaron y se entregaron a los equipos de muestreo. Al regresar al laboratorio de CODIGEM, todas las bolsas llenas se reordenaron numéricamente y se enviaron para su análisis en lotes secuenciales de aproximadamente 120 muestras cada uno. A través de este procedimiento, las fluctuaciones analíticas a corto plazo (que afectan uno o más lotes de muestras) se manifiestan como ruido analítico en toda el área del proyecto, en lugar de tendencias locales o subregionales discretas.

3.2 Procedimiento de muestreo de campo

Las muestras de sedimentos fluviales fueron recolectadas por tres equipos de muestreo, cada uno compuesto por entre cuatro y ocho geólogos entrenados y asistentes de campo. Las muestras se recolectaron durante cinco comisiones, cada una con una duración de tres semanas, en condiciones de temporada seca (mayo-diciembre). Se recolectaron un total de 2456 muestras en un área de aproximadamente 6300 km^2, lo que representa una densidad de muestreo promedio de 1 muestra por 2.56 km^2 (Sobrecubierta 1). En todos los casos, se hizo hincapié en la recuperación de muestras de drenajes de primer o segundo orden, contrastando así áreas de procedencia relativamente pequeñas.

La metodología de muestreo empleada a lo largo del levantamiento geoquímico del PICG se derivó de la de Plant y Moore (1979), y cumple con el protocolo global IGCP 259/360 para el Mapeo Geoquímico Internacional (Darnley et al., 1995). Las estaciones de muestreo se ubicaron rutinariamente aguas arriba de fuentes potenciales de perturbación (viviendas, actividad industrial, descargas agrícolas o estructuras de puentes). En cada sitio, se recolectaron varios kilogramos de sedimento del canal activo después de remover el horizonte superficial enriquecido en hidróxidos. Luego, el sedimento se tamizó en húmedo a través de una malla 80 BSI (177 μm) utilizando un volumen mínimo de agua para evitar la pérdida de fracciones de limo y arcilla. Después de un período de decantación de aproximadamente 20 minutos, se decantó el agua clara que cubría al sedimento y se transfirieron aproximadamente 100 g del sedimento restante a una bolsa Kraft prenumerada para su transporte y almacenamiento.

La selección de una fracción de sedimento de malla 80 BSI para usar a lo largo del levantamiento del PICG se basó en un estudio de orientación realizado por Dunkley et al. (1995) en la cuenca del Río Junín. Este estudio investigó la anomalía relacionada con el depósito de pórfido Cu-Mo de Junín utilizando cuatro fracciones de tamaño de muestra diferentes y una variedad de técnicas analíticas, con el fin de decidir cuáles métodos serían más adecuados para el levantamiento rutinario. El estudio indicó que, para varios elementos de interés económico, la fracción de malla 80 BSI mostró el mejor contraste entre anomalía y fondo, aunque para algunos elementos la malla 100 mostró un contraste ligeramente mejor. Se seleccionó la fracción de malla 80 para el levantamiento rutinario porque se preveían problemas para recolectar material suficiente de malla 100 en muchos de los ríos de alta energía del área del proyecto. La fracción de malla 80 refleja eficazmente la dispersión geoquímica tanto mecánica como hidromórfica (por ejemplo, Williams et al., 1992).

3.3 Preparación de muestras

Al regresar del campo, las muestras se secaron al aire a <40°C para evitar la pérdida de Hg u otros elementos volátiles. Luego, las muestras se desagregaron utilizando un mortero y pilón prelavados para obtener un polvo fino y homogéneo. Este polvo fue submuestreado utilizando una técnica de cono y cuarteo para obtener alícuotas de aproximadamente 50 g para el análisis químico.

3.4 Análisis

Los análisis químicos de las muestras se realizaron en los laboratorios en Vancouver de Bondar Clegg Ltd. utilizando cuatro métodos.

3.4.1 Oro

Se analizaron muestras de 30 g para Au mediante una combinación de ensayos al fuego seguidos de determinación por espectrofotometría de absorción atómica (AAS).

3.4.2 Cationes mayores y traza

Se determinó simultáneamente una serie de 34 cationes mayores y traza (Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Ni, Co, Cd, Bi, As, Sb, Fe, Mn, Te, Ba, Cr, V, Sn, W, La, Al, Mg, Ca, Na, K, Sr, Y, Ga, Li, Nb, Sc, Ta, Ti, Zr) mediante espectroscopía de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES) después de la digestión de alícuotas de 1.0 g en 100 ml de aqua regia (ARISTAR). Es bien conocido que el aqua regia solo proporciona una técnica de disolución parcial y es particularmente ineficaz para muchos elementos en minerales resistentes (por ejemplo, Sn, Cr, W, Zr). Sin embargo, una técnica de disolución total habría sido demasiado costosa y, lo que es más importante, durante el estudio de orientación se encontró que daba resultados extremadamente erráticos para varios elementos importantes (As, Sb). Con base en esta información, se eligió la técnica de aqua regia como la mejor técnica general.

3.4.3 Metaloides

Debido a la baja sensibilidad (5 mg/kg en sólido) de los análisis de metaloides por ICP-AES, los elementos metaloides As y Sb también se determinaron mediante AAS de generación de hidruros en la misma solución de aqua regia descrita en la sección anterior. Un sistema de introducción por inyección en flujo (FIA) desarrollado por Nakashima (1979) facilitó la reducción del As a arsina e inyección en la cámara de aspiración simultáneamente al fusionar un flujo de 0.2% de $NaBH_2$ con el portador de muestra.

3.4.4 Mercurio

El mercurio total se determinó por AAS de vapor frío (CV-AAS) en la misma solución de aqua regia preparada para la determinación de múltiples elementos por ICP-AES (ver arriba).

4. CONTROL DE CALIDAD

4.1 Varianza del muestreo

Para 31 elementos, la varianza estadística atribuible a la heterogeneidad del sedimento en el sitio y/o al sesgo de muestreo se calculó para toda el área de levantamiento del PICG utilizando una técnica modificada de análisis de varianza (ANOVA) (Plant et al., 1975). Se analizaron muestras duplicadas de sedimentos obtenidas mediante muestreo repetido de sitios seleccionados de drenaje (con una frecuencia máxima de 2 por cada 100), y los resultados se utilizaron para determinar la varianza de muestreo mediante la técnica de sumas de cuadrados (Bolviken y Sinding-Larsen, 1973).

En los casos en que ambas muestras duplicadas de un solo sitio arrojaron valores por debajo del límite de detección, el registro se excluyó del cálculo. Se proporcionan estadísticas resumidas en la Tabla 2. No se citan pruebas estadísticas F, ya que los datos no satisfacen completamente las asunciones del análisis convencional de ANOVA. Es importante destacar que los datos de varianza de muestreo se derivan de la determinación analítica de duplicados de campo. Por lo tanto, los valores solo adquieren importancia interpretativa cuando exceden el umbral correspondiente de precisión analítica (sección 4.2).

Tabla 2: Datos de varianza del muestreo, basados en el análisis de ANOVA de muestras duplicadas de estaciones de campo seleccionadas dentro del área de levantamiento del PICG.

Elemento	%varianza	Elemento	%varianza	Elemento	%varianza	Elemento	%varianza
Ag	7.1	**Sn**	15.2	**As**	3.1	**Ga**	11.6
Cu	3.1	**W**	21.7	**Sb**	6.9	**Y**	21.2
Pb	7.1	**La**	4.3	**Fe**	6.6	**Nb**	15.4
Zn	4.7	**Al**	3.6	**Mn**	7.1	**Sc**	16.0
Mo	25.0	**Mg**	7.1	**Bi**	17.5	**Ti**	4.4
Ni	12.4	**Ca**	12.5	**Ba**	3.2	**Zr**	12.1
Co	3.5	**Na**	12.2	**Cr**	9.3	**Hg**	21.7
Cd	4.2	**K**	9.4	**V**	4.9		

4.2 Precisión analítica

La precisión (p) es un índice de la reproducibilidad de las determinaciones analíticas definido convencionalmente como:

$$p = \left(\frac{2s}{x}\right) * 100\%$$

El término es distinguible de la exactitud, que refleja la relación entre una determinación individual o grupo de determinaciones y la verdadera composición de la matriz. En exploración, los índices de precisión analítica son críticos porque proporcionan una visión de la intercomparabilidad de los datos para muestras individuales o lotes de muestras.

Los datos de precisión analítica para las áreas del PICG de 3-4°S y 2-3°S se derivaron de una serie de ejercicios estadísticos basados en el análisis duplicado de alícuotas de sedimento homogeneizado (Plant et al., 1975; Thompson y Howarth, 1978). Durante la ejecución analítica, se realizó una evaluación cualitativa utilizando un gráfico de dispersión X-Y (Fig. 4), en el que la precisión es proporcional a la dispersión de las coordenadas de los análisis duplicados alrededor de una línea de covarianza del 100%.

Los índices de precisión cuantitativa se calcularon posteriormente utilizando los dos métodos de Thompson y Howarth (1976, 1978). El primero implicó el cálculo de la variación de la desviación estándar (s_c) a través de un rango de concentración definido empíricamente (c) de acuerdo con la función lineal:

$$s_c = s_0 + kc$$

donde s_0 es la desviación estándar en cero concentración y k es la pendiente de la línea recta. Los valores de s_0 y k se obtuvieron por:

(i) Determinación del promedio $\frac{x^1+y^1}{2}$ y diferencia absoluta $(x^1 - y^1)$ para todos los pares duplicados.

(ii) Clasificación de los pares duplicados según el promedio ascendente.

(iii) Cálculo de la ‘media de medias’ y ‘mediana de diferencias’ para grupos discretos de 11 pares duplicados (8 grupos = 88, con 3 descartados).

(iv) Regresión de la mediana contra los valores promedio determinados en (iii) para obtener s_0 (intersección) y k (pendiente).

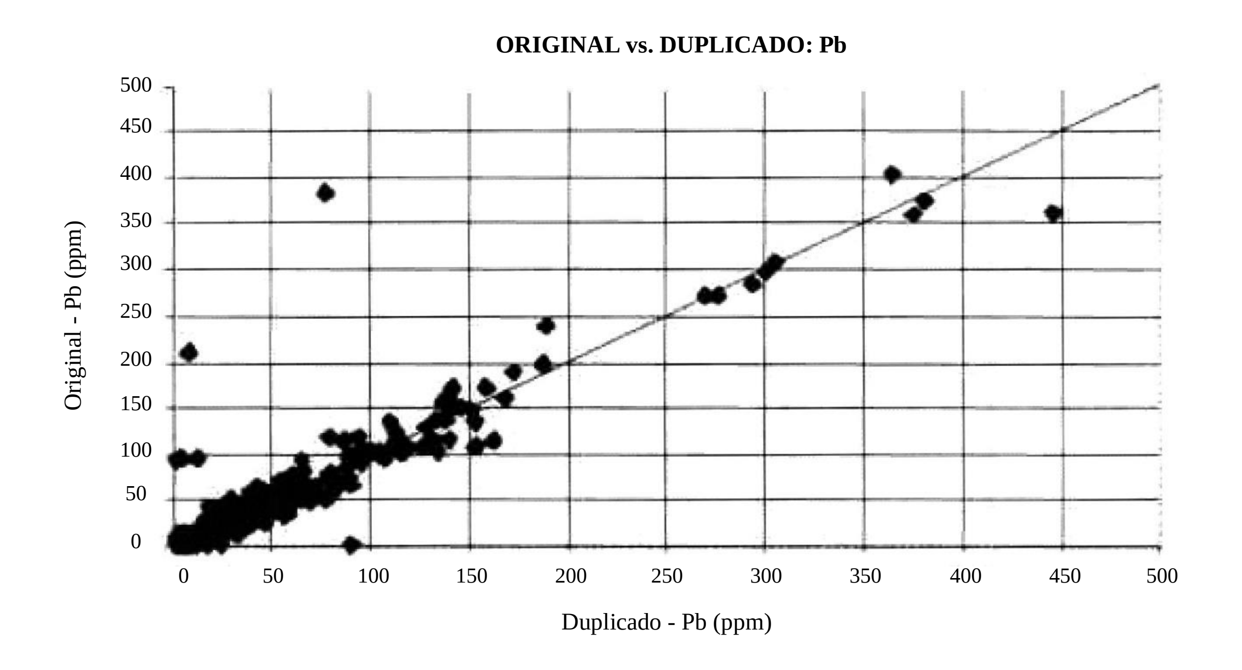


Figura 4. Gráfico de dispersión X-Y típico de duplicados analíticos, utilizado para el examen semicuantitativo rápido de la precisión para todos los elementos determinados en el programa de levantamiento geoquímico del PICG.

El segundo método utilizó una serie de gráficos de control de precisión en los que se trazaron líneas de concordancia del percentil 90 y 99 para uno o más niveles de precisión predefinidos (Anexo 1). Los umbrales de precisión prácticamente aceptables definidos por este último método, y aplicados sistemáticamente al control de calidad del resultado analítico para el área del PICG 2°-3°S, han sido reportados por Dunkley y Gaibor (1997a) y se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3. Umbrales de precisión para elementos seleccionados aplicados para el control de calidad de datos analíticos para el área del PICG 2°-3°S (de Dunkley y Gaibor, 1997a)

Elemento	%Precisión est.	Elemento	%Precisión est.
Ag	25	**As**	5
Cu	20	**Sb**	10
Pb	40	**Mn**	15
Zn	20	**Fe**	15
Mo	25	**V**	40
Ni	10	**Sr**	25
Co	15	**Cd**	15
Ba	20	**Li**	15
Cr	10	**Bi**	20

4.3 Estándares de control

4.3.1 Estándares de control del PICG

Se utilizaron seis estándares de control derivados de sedimentos fluviales dentro del área del PICG para monitorear la calidad de los análisis químicos durante el programa analítico.

Tres muestras de control se utilizaron en el primer año del proyecto (J-1, Río Junín; COR-1, Río Angamarca; M-1, una mezcla de J-1 y COR-1 en proporciones iguales). Con la excepción de J-1, que contiene concentraciones anómalas de Cu (equivalentes al valor del percentil 97 del 2°-3°S), As moderadamente alto (percentil 70) y Sb (percentil 90), estos estándares contienen concentraciones de fondo de la mayoría de los elementos de interés económico. Por lo tanto, se introdujeron tres estándares de control adicionales durante el segundo año del proyecto. Estos incluyeron PE (Ponce Enríquez), CN (Cerro Negro) y M-2 (una mezcla de PE, CN y COR-1 en proporciones 1:1:2). Estos últimos tres estándares contienen concentraciones moderadamente a fuertemente anómalas de la mayoría de Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn, Cd, As, Sb y Hg.

Los estándares de control J-1, COR-1 y M-1 fueron analizados en los laboratorios del Reino Unido del British Geological Survey mediante una combinación de métodos de ICP-AES, espectrometría de masas ICP (ICP-MS) y fluorescencia de rayos X (XRF) al inicio del estudio del PICG (Tabla 4).

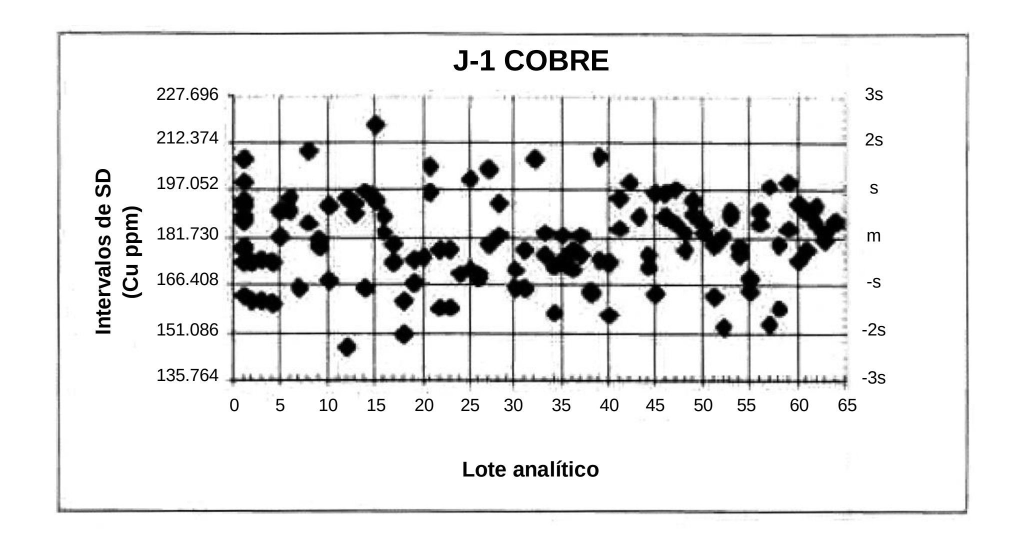
Tabla 4. Certificación de los estándares de control del PICG J-1, COR-1 y M-1 por BGS, basada en el análisis promedio mediante múltiples técnicas.

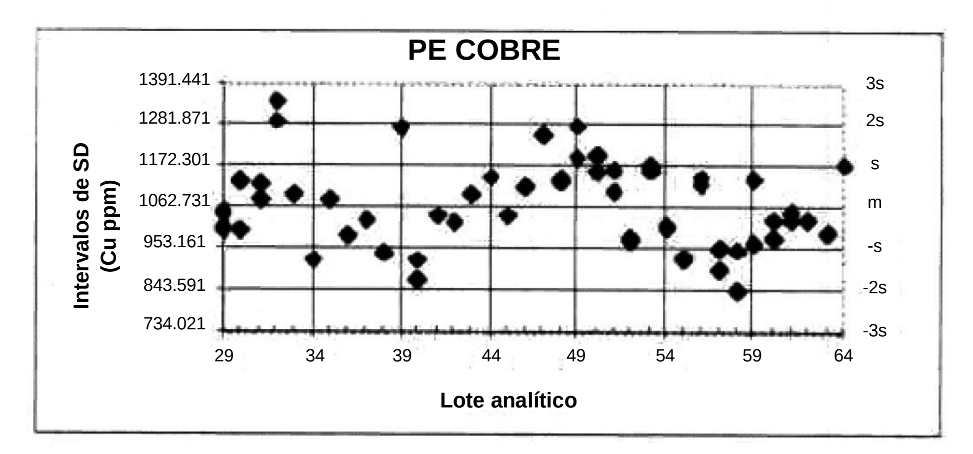
Elemento	**Valor del BGS (ppm)**			**Elemento**	**Valor del BGS (ppm)**		
	J-1	**COR-1**	**M-1**		**J-1**	**COR-1**	**M-1**
Ag	<0.2	<0.2	<0.2	**As**	12.5	5.0	7.0
Cu	175	23	79.5	**Sb**	3.3	0.6	1.4
Pb	3.5	5.0	7.0	**Mn**	468	375	413
Zn	61	43	50.5	**Fe (%)**	4.9	8.1	7.0
Mo	1.6	0.5	1.0	**V**	150	293	226
Ni	10.5	18.5	14.0	**Sr**	28.5	61.0	48.0
Co	10.7	14.8	12.9	**Cd**	ND	1.0	0.5
Ba	74	64.5	73	**Li**	5.9	6.0	5.5
Cr	44.5	82.0	65.0				

Dos submuestras de tres o más estándares de control fueron enviadas a los laboratorios Bondar Clegg de manera ciega con cada lote de 120 muestras de campo. Los datos resultantes proporcionaron un mecanismo para evaluar (i) la precisión instrumental y (ii) la deriva analítica temporal. Esta última fue evaluada de manera independiente de la precisión (4.2 arriba), ya que comúnmente implica un ajuste sistemático, siendo por lo tanto susceptible de corrección.

Los resultados de los análisis replicados de estándares de control realizados durante el estudio de muestras de campo del área 2°-3°S del PICG se encuentran en el Anexo 2. También se muestran los cocientes de exactitud obtenidos dividiendo la media de los análisis de estándares de control por el valor certificado por BGS (solo estándares J-1, COR-1 y M-1). Para elementos como Pb y Hg, las discrepancias relativamente grandes entre laboratorios reflejan una baja precisión de Bondar Clegg en concentraciones cercanas a los límites de detección de ICP-AES/CV-AAS. Se logró una mayor precisión en concentraciones análogas por parte de BGS utilizando técnicas alternativas (ICP-MS y CV AFS). También se observaron cocientes de recuperación bajos (<0.7) para los cationes principales K, Mg, Ca (no citados), probablemente debido a la disolución más eficiente lograda en BGS utilizando una técnica de reflujo caliente.

El impacto de la deriva instrumental sistemática en el conjunto de datos del PICG 2°-3°S se evaluó utilizando gráficos convencionales de series temporales, como se ejemplifica en las Figs. 5-6. En casos raros en los que los valores de los estándares de control se desviaron simultáneamente más de 2 desviaciones estándar de la media, se aplicó una corrección adecuada. Ejemplos existen en los datos de series temporales mostrados para Zn, en los cuales los valores de los estándares presentados con lotes analíticos 22-24 están sistemáticamente deprimidos.





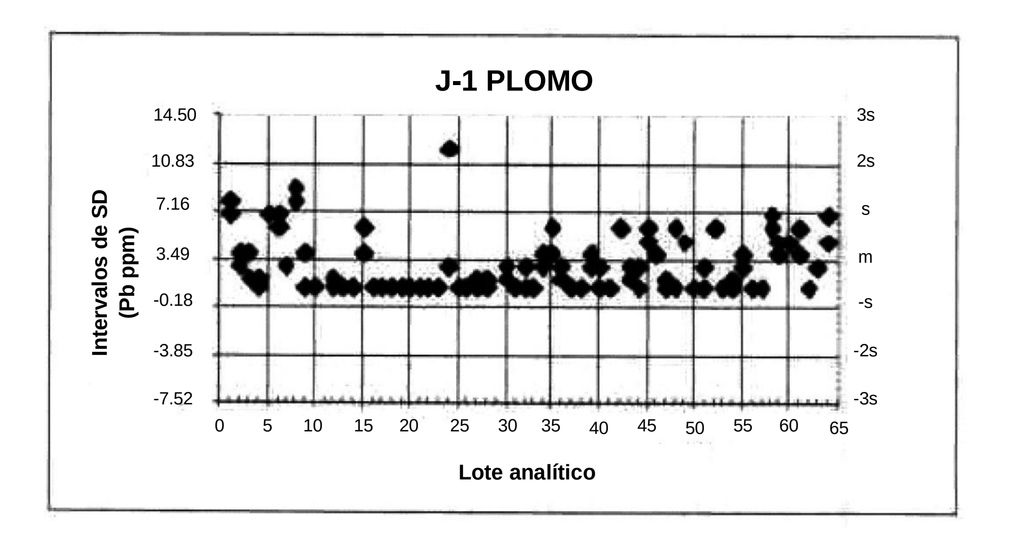
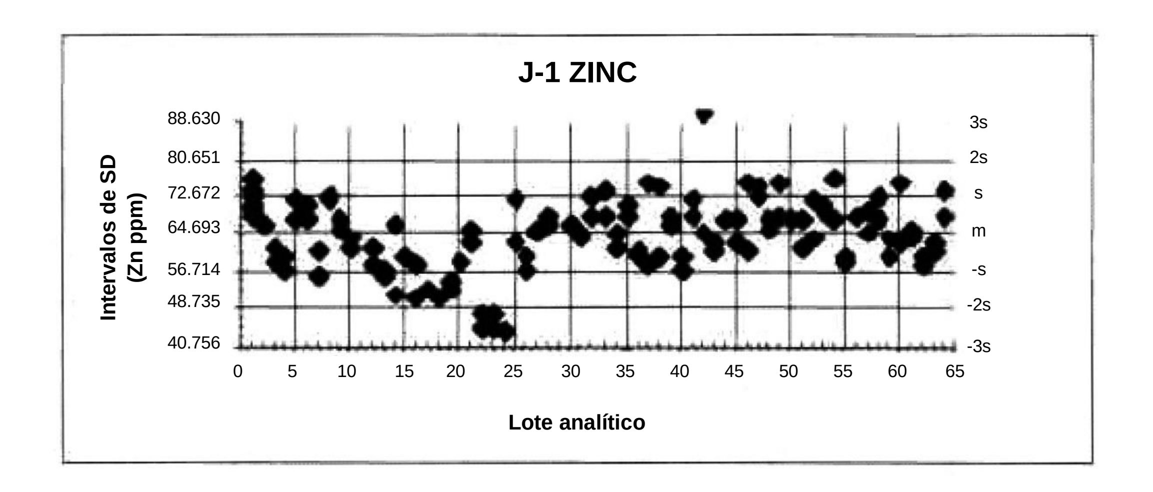
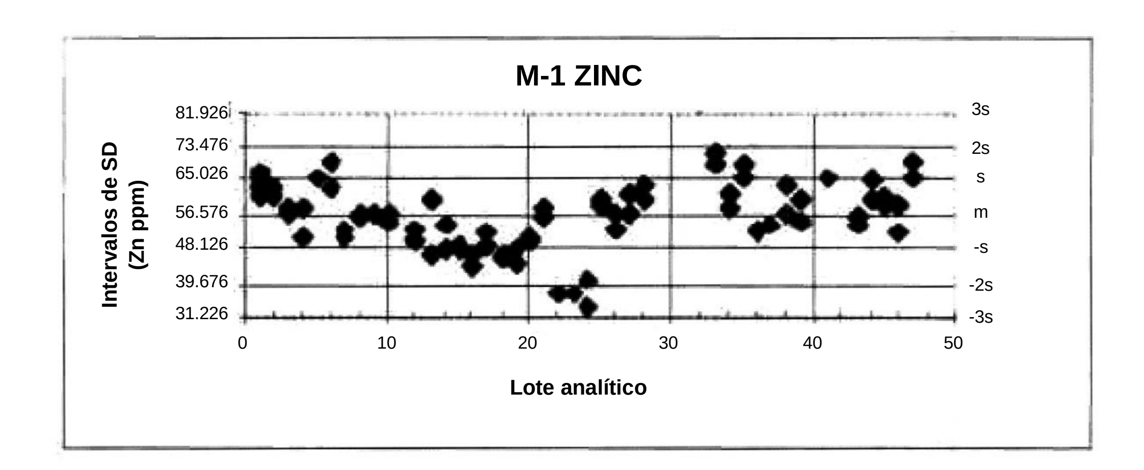


Figura 5. Gráficos de series temporales de control para el cobre y plomo que muestran los resultados de análisis replicados de pares duplicados simultáneos de sedimentos de referencia ecuatorianos. La corrección del conjunto de datos empírico se aplica bajo el PICG solo en casos en que AMBAS muestras dentro de un par duplicado se desvían de la media en >2 desviaciones estándar para cualquier lote individual de muestras.





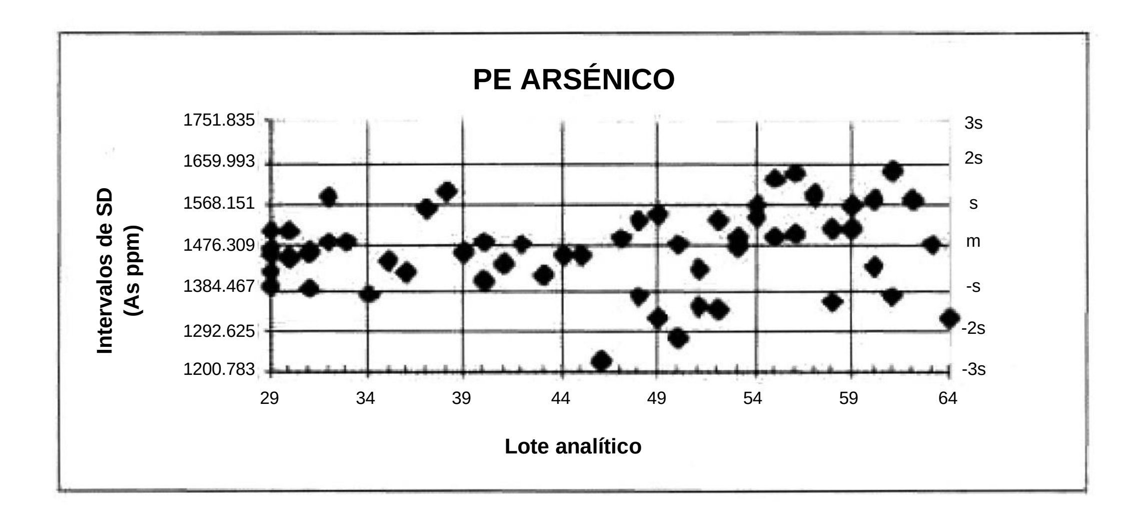


Figura 6. Gráficos de series temporales de control para el zinc y arsénico que muestran los resultados de análisis replicados de pares duplicados simultáneos de sedimentos de referencia ecuatorianos. La corrección del conjunto de datos empírico se aplica bajo el PICG solo en casos en que AMBAS muestras dentro de un par duplicado se desvían de la media en >2 desviaciones estándar para cualquier lote individual de muestras. Se proporciona un ejemplo con los datos de Zn para los lotes 22-24.

4.3.2 Estándares de control del BGS

Además de los estándares de control del PICG descritos anteriormente, se presentaron de manera ciega cuatro estándares de referencia del BGS (S13, S15, S24, S3B) para su análisis por Bondar Clegg. Los estándares del BGS se derivaron de sedimentos de arroyo de malla 100 BSI de terrenos graníticos, sedimentarios y metasedimentarios del norte de Gran Bretaña. Todos han sido sometidos a análisis en varios laboratorios europeos mediante una combinación de métodos de XRF, AAS, ICP-AES, ICP-MS y espectroscopía de emisión de lectura directa (DRES). Se proporciona una comparación interlaboratorios de datos seleccionados para estas muestras en la Tabla 5. Valores relativamente altos para elementos como Pb (notablemente en S3B) reflejan el uso por parte del BGS de una técnica analítica total (XRF) en lugar del método parcial (digestión aqua-regia) de Bondar Clegg.

Tabla 5. Comparación interlaboratorio de estándares de referencia del BGS

Elemento	BGS (ppm)				Bondar Clegg (ppm)			
	S24	**S13**	**S15**	**S3B**	**S24**	**S13**	**S15**	**S3B**
Ag	4.0	-	-	-	1.2	-	-	-
Cu	60	16.1	4.9	48.4	60	16.5	4.0	39.0
Pb	1114	112.4	24.7	1770	847	99	17.0	1464
Zn	385	113.8	28.5	786	379	114	29.0	563
Mo	3.7	1.5	1.9	148	<1	<1	<1	128
Ni	43.2	36.5	11.5	30.4	37.5	24	9.5	18.5
Co	84.6	-	-	-	70.5	-	-	-
Cd	3.8	-	-	-	1.4	-	-	-
As	126.0	15.8	8.8	<2	122.2	16.9	5.2	3.8
Sb	6.0	-	-	-	9.0	-	-	-
Ba	1060	-	-	-	504	-	-	-

4.4 Límites de detección prácticos

Con la excepción de Au, los límites de detección analíticos (LODs) proporcionados por Bondar Clegg no se adoptaron para la validación de datos geoquímicos del PICG, ya que no tienen en cuenta las influencias de la matriz que se encuentran típicamente durante el análisis de materiales geológicos. En su lugar, los LODs prácticos para cada elemento fueron determinados por Dunkley y Gaibor (1997a) utilizando dos métodos. El primero involucró el análisis replicado de muestras de referencia en un rango de concentraciones y la regresión de la desviación estándar vs la concentración media de cada valor para obtener la desviación estándar en concentración cero (s_0). Se calculó un LOD de $3s_0$ de acuerdo con UIPAC (1978). El segundo método involucró la derivación de s_0 utilizando el método de Thompson y Howarth (1978) como se describe en la sección 4.2. Se presentan detalles de los LODs prácticos obtenidos utilizando ambos métodos en la Tabla 6, con el valor adoptado destacado en cada caso.

Tabla 6. Límites de detección analíticos de Bondar Clegg y PICG (valores adoptados en negrita). Todos los valores están en mg/kg a menos que se indique lo contrario.

Elemento	**Bondar Clegg**	**Método de extrapolación**	**Thompson y Howarth**
Ag	0.2	**1.0**	0.9
Au	0.05	-	-
As	1	6.1	**4.5**
Ba	1	**5.4**	2.4
Bi	5	**6.0**	-
Cd	0.2	**0.7**	1.4
Cr	1	**3.7**	4.7
Co	1	**2.6**	1.9
Cu	1	**4.5**	11.0
Fe	0.01%	**0.3%**	0.6%
Hg	0.01	**0.04**	0.04
Li	1	**1.2**	1.0
Mn	1	**34.0**	-
Mo	1	**1.35**	5.0
Ni	1	**3.3**	2.4
Pb	2	**4.0**	12.0
Sb	0.2	1.9	**0.74**
Zn	1	**5.0**	15.0

5. RESULTADOS

5.1 Formato de datos digitales

Una hoja de cálculo (Microsoft Excel 5.0) que contiene 2456 registros para 36 elementos químicos se adjunta en una funda al final de este informe (copia impresa disponible en el Anexo A). Cada registro incluye un número de muestra, datos de ubicación (latitud, longitud en formato UTM SAD69) y datos analíticos controlados por errores. El formato facilita la revisión rápida, la subselección y el análisis gráfico/estadístico. El archivo se puede convertir a texto delimitado por tabuladores para su importación en paquetes de gridding e interpolación. En las secciones siguientes de este informe, se incluyen gráficos generados utilizando el software Interdex (Visidata Ltd.), Vertical Mapper (MapInfo) y NIH Image (plataforma Macintosh) a modo de ejemplo.

5.2 Estadísticas resumidas y gráficos geoquímicos

Se presentan imágenes geoquímicas que muestran la distribución de 16 elementos mayores y traza dentro del área 2°-3°S en las Figs. 7-22. Las imágenes fueron generadas utilizando un algoritmo de ponderación de distancia inversa dentro del paquete de software NIH Image y se presentan a una escala de aproximadamente 1:1000000. Se evidencia una excelente correlación entre la litología y las firmas geoquímicas de los sedimentos, lo que sugiere una influencia hidromórfica limitada en la dispersión geoquímica. Las estadísticas resumidas de todo el conjunto de datos se presentan en la Tabla 7.

Los datos de frecuencia acumulada indican que las poblaciones para la mayoría de los elementos están sesgadas y tienen poca adherencia al análisis estadístico no paramétrico. Una matriz de correlación de Pearson (Tabla 8) destaca la covarianza controlada por la litología de un conjunto de elementos relacionados con rocas máficas (Cu, Co, Ti, V, Cr, Mn). Los coeficientes de 0.513 para Pb vs. Zn y 0.609 para Cu vs. Mo son el resultado de un enriquecimiento coincidente en zonas de mineralización, notablemente dentro del sector central (Formación Chanlud) del área de estudio y en las cercanías de Chaucha. Un rango bajo de Mn es consistente con el control limitado de fases minerales lábiles en la dispersión y precipitación de metales o metaloides de transición de la primera fila.

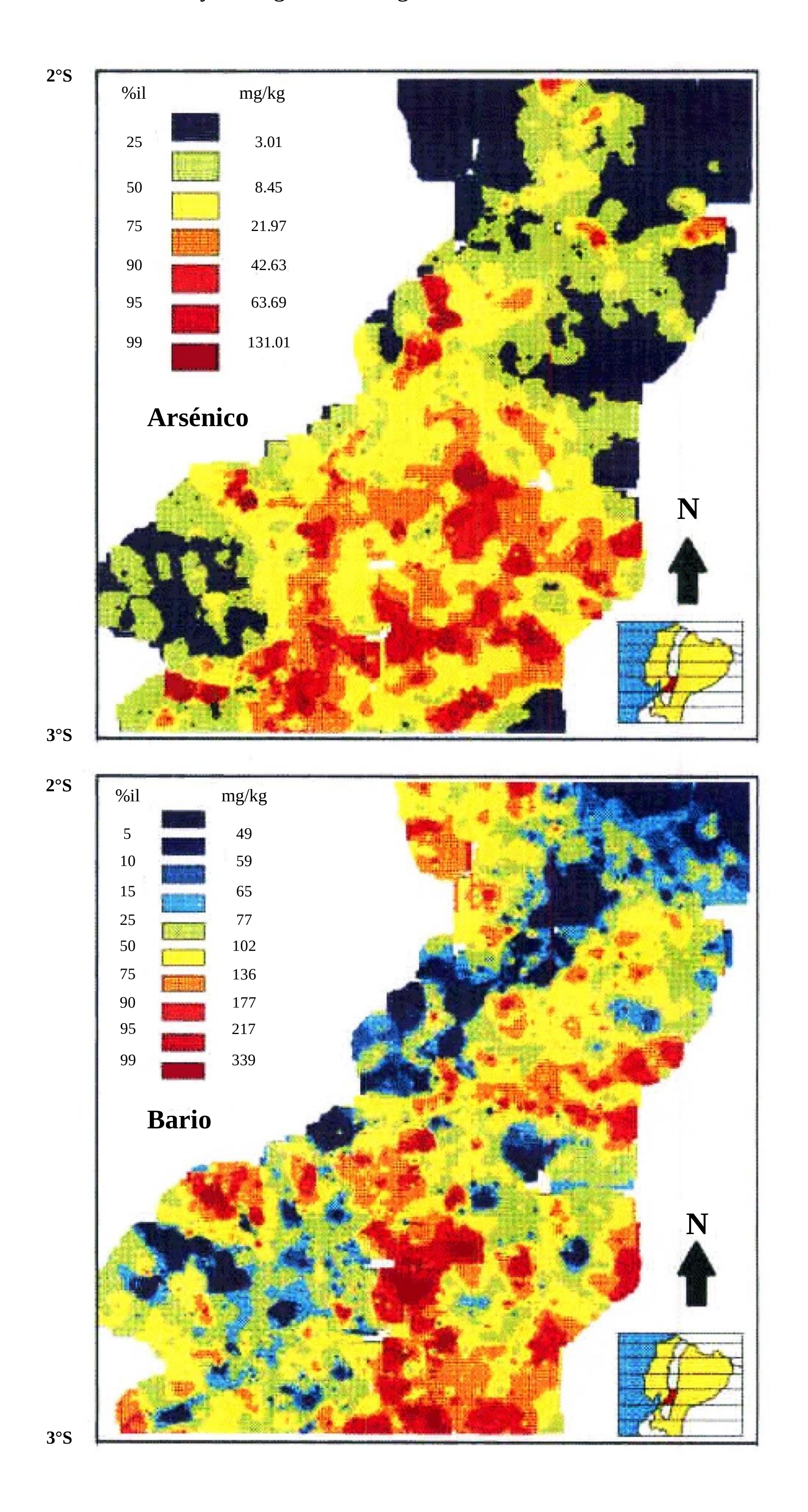
Tabla 7. Estadísticas resumidas de todas las muestras analizadas del área 2°S-3°S del PICG.

	Estaciones	Media	Desv. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	2456	37.53	180.02	3.33	4989.00	3.33
Ag	2456	0.70	0.53	0.66	24.30	0.66
Cu	2456	57.13	121.26	3.00	2737.00	31.00
Pb	2456	13.30	22.54	2.66	634.50	8.00
Zn	2456	89.27	91.75	3.33	1519.00	71.00
Mo	2456	2.20	4.85	0.90	141.00	0.90
Ni	2456	22.26	38.66	2.20	560.00	13.00
Co	2456	14.80	8.60	1.73	72.00	13.00
Cd	2456	0.64	0.81	0.46	17.20	0.46
Bi	2456	4.42	1.70	4.00	45.00	4.00
Fe	2456	4.53	2.01	0.01	10.00	0.23
Mn	2456	809.55	907.30	22.66	18661.00	628.00
Te	2456	7.11	3.46	6.66	79.33	6.66
Ba	2456	112.48	77.87	3.60	1073.00	96.00
Cr	2456	70.70	35.75	2.46	430.50	33.00
V	2456	124.67	82.48	0.66	679.00	104.25
Sn	2456	13.53	1.64	13.33	43.00	13.33
W	2456	13.38	0.64	13.33	28.00	13.33
La	2456	8.77	6.93	0.66	129.00	7.50
Al	2456	2.34	1.07	0.01	7.94	2.12
Mg	2456	0.78	0.51	0.01	4.98	0.69
Ca	2456	0.67	0.52	0.01	9.11	0.52
Na	2456	0.04	0.03	0.01	0.19	0.03
K	2456	0.10	0.08	0.01	0.82	0.08
Sr	2456	38.39	31.55	-1.00	308.00	32.00
Y	2456	5.88	3.60	0.66	78.00	5.00
Ga	2456	4.52	3.45	1.33	34.00	4.00
Li	2456	12.38	8.72	0.80	66.00	10.00
Nb	2456	2.60	3.68	0.66	32.00	1.00
Sc	2456	5.94	4.91	3.33	39.00	3.33
Ta	2456	7.09	4.83	6.66	123.33	6.66
Ti	2456	0.11	0.08	0.01	0.63	0.10
Zr	2456	4.09	3.94	0.66	30.00	3.00
As	2456	19.09	47.56	2.66	1402.00	7.00
Sb	2456	1.99	10.94	1.26	532.25	1.26
Hg	2456	0.10	0.95	0.03	36.72	0.03

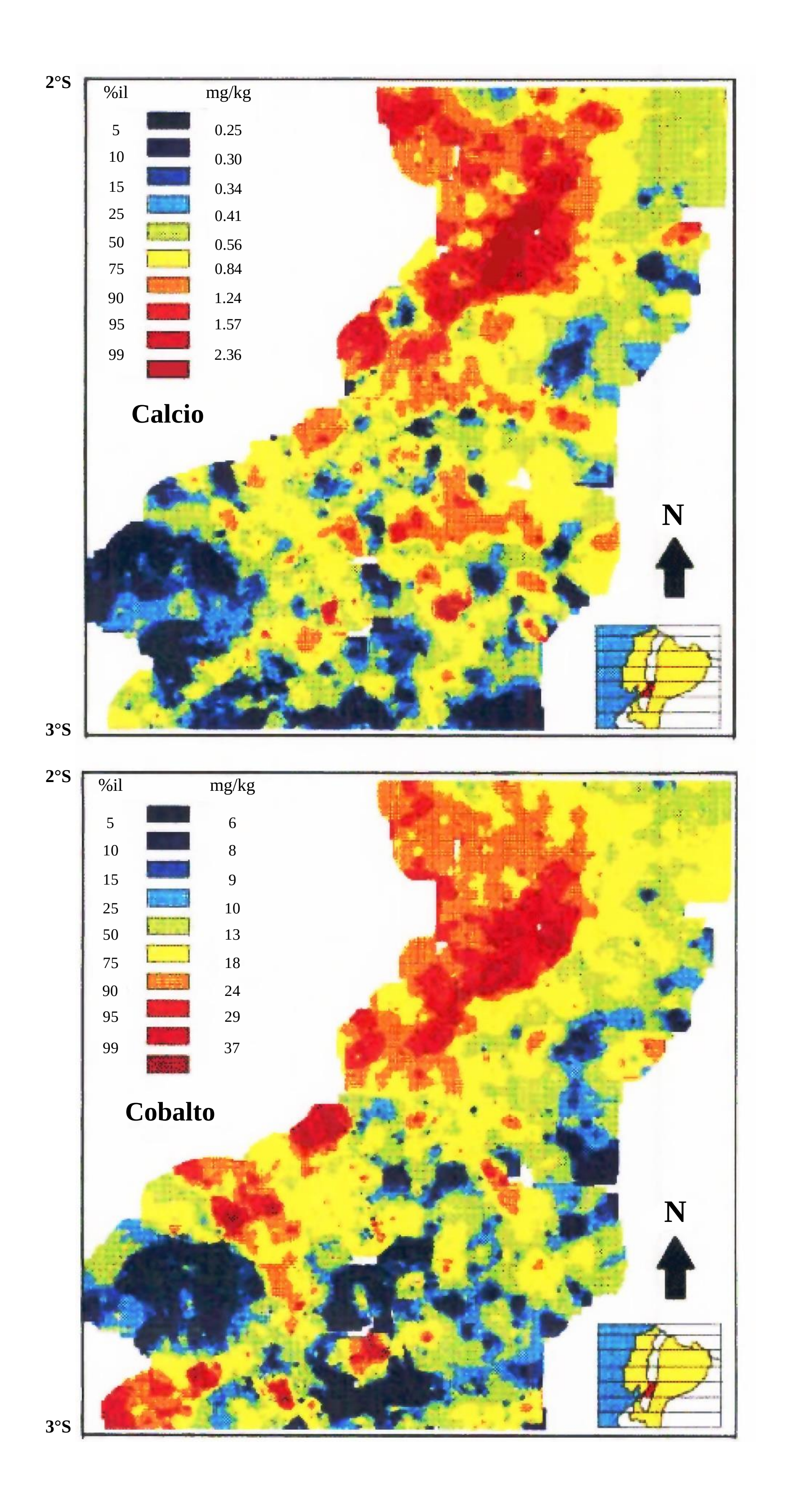
Tabla 8. Matriz de correlación de Pearson para elementos seleccionados dentro del área dos del PICG

	Au	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Co	Cd	Fe	Mn	Ba	Cr	V	La	W	Al	Mg	Ca	K	Sr	Hg	As	Ti
Au	***1.000***	0.097	0.188	0.111	0.001	-0.013	0.055	0.097	0.086	0.025	-0.006	0.028	0.066	-0.003	-0.004	-0.004	-0.013	-0.039	0.007	-0.038	0.005	0.196	-0.037
Cu	0.097	***1.000***	0.221	0.274	**0.609**	0.106	0.331	0.102	0.190	0.071	0.076	0.110	0.101	0.020	-0.016	0.250	0.210	0.091	0.120	-0.026	0.010	0.133	0.119
Pb	0.188	0.221	***1.000***	**0.513**	0.089	-0.057	0.078	0.347	0.018	0.152	0.029	-0.098	-0.134	0.090	-0.008	0.063	0.007	-0.078	-0.003	-0.101	0.010	0.259	-0.139
Zn	0.111	0.274	**0.513**	***1.000***	0.161	-0.014	0.293	**0.613**	0.087	**0.532**	0.170	-0.111	-0.110	0.119	0.006	0.144	0.050	0.004	-0.044	-0.039	0.001	0.226	-0.053
Mo	0.001	**0.609**	0.089	0.161	***1.000***	-0.029	0.115	0.090	0.035	0.093	-0.016	-0.045	-0.030	0.051	0.009	0.022	-0.003	-0.068	0.041	-0.120	-0.008	0.079	-0.066
Ni	-0.013	0.106	-0.057	-0.014	-0.029	***1.000***	**0.529**	-0.033	0.140	0.009	-0.161	**0.755**	0.080	0.009	-0.014	0.203	**0.778**	0.367	-0.145	0.015	0.007	-0.014	0.398
Co	0.055	0.331	0.078	0.293	0.115	**0.529**	***1.000***	0.111	**0.497**	0.330	-0.055	**0.506**	0.316	0.074	-0.001	**0.607**	**0.639**	**0.453**	-0.184	0.060	0.005	0.052	**0.510**
Cd	0.097	0.102	0.347	**0.613**	0.090	-0.033	0.111	***1.000***	-0.013	0.371	0.108	-0.090	-0.106	0.059	$3.293*10^{-4}$	-0.015	-0.039	-0.020	-0.033	-0.056	-0.004	0.218	-0.121
Fe	0.086	0.190	0.018	0.087	0.035	0.140	**0.497**	-0.013	***1.000***	0.105	-0.133	0.379	**0.831**	0.124	0.005	**0.431**	0.257	0.207	-0.008	-0.091	-0.009	-0.006	0.351
Mn	0.025	0.071	0.152	**0.532**	0.093	0.009	0.330	0.371	0.105	***1.000***	**0.531**	-0.089	-0.078	0.138	-0.006	0.210	0.048	0.117	-0.117	-0.005	0.003	0.157	-0.032
Ba	-0.006	0.076	0.029	0.170	-0.016	-0.161	-0.055	0.108	-0.133	**0.531**	***1.000***	-0.219	-0.165	0.105	0.016	0.105	-0.239	-0.090	0.206	0.165	0.012	0.077	-0.147
Cr	0.028	0.110	-0.098	-0.111	-0.045	**0.755**	**0.506**	-0.090	0.379	-0.089	-0.219	***1.000***	**0.415**	0.007	-0.017	0.244	**0.663**	0.288	-0.010	-0.010	-0.010	-0.068	**0.473**
V	0.066	0.101	-0.134	-0.110	-0.030	0.080	0.316	-0.106	**0.831**	-0.078	-0.165	**0.415**	***1.000***	0.027	0.011	0.279	0.136	0.192	0.010	0.031	-0.016	-0.144	**0.509**
La	-0.003	0.020	0.090	0.119	0.051	0.009	0.074	0.059	0.124	0.138	0.105	0.007	0.027	***1.000***	-0.013	0.115	-0.001	-0.006	0.033	-0.129	0.023	0.096	-0.044
W	-0.004	-0.016	-0.008	0.006	0.009	-0.014	-0.001	$3.293*10^{-4}$	0.005	-0.006	0.016	-0.017	0.011	-0.013	***1.000***	0.006	-0.017	-0.028	0.053	-0.021	-0.005	-0.013	-0.014
Al	-0.004	0.250	0.063	0.144	0.022	0.203	**0.607**	-0.015	**0.431**	0.210	0.105	0.244	0.279	0.115	0.006	***1.000***	**0.453**	**0.408**	0.057	0.109	0.025	0.031	**0.435**
Mg	-0.013	0.210	0.007	0.050	-0.003	**0.778**	**0.639**	-0.039	0.257	0.048	-0.239	**0.663**	0.136	-0.001	-0.017	**0.453**	***1.000***	**0.568**	-0.072	0.058	-0.019	-0.001	**0.462**
Ca	-0.039	0.091	-0.078	0.004	-0.068	0.367	**0.453**	-0.020	0.207	0.117	-0.090	0.288	0.192	-0.006	-0.028	**0.408**	**0.568**	***1.000***	-0.169	0.273	-0.012	-0.055	**0.454**
K	0.007	0.120	-0.003	-0.044	0.041	-0.145	-0.184	-0.033	-0.008	-0.117	0.206	-0.010	0.010	0.033	0.053	0.057	-0.072	-0.169	***1.000***	-0.053	-0.022	0.058	-0.137
Sr	-0.038	-0.026	-0.101	-0.039	-0.120	0.015	0.060	-0.056	-0.091	-0.005	0.165	-0.010	0.031	-0.129	-0.021	0.109	0.058	0.273	-0.053	***1.000***	-0.007	-0.073	0.268
Hg	0.005	0.010	0.010	0.001	-0.008	0.007	0.005	-0.004	-0.009	0.003	0.012	-0.010	-0.016	0.023	-0.005	0.025	-0.019	-0.012	-0.022	-0.007	***1.000***	0.026	-0.001
As	0.196	0.133	0.259	0.226	0.079	-0.014	0.052	0.218	-0.006	0.157	0.077	-0.068	-0.144	0.096	-0.013	0.031	-0.001	-0.055	0.058	-0.073	0.026	***1.000***	-0.160
Ti	-0.037	0.119	-0.139	-0.053	-0.066	0.398	**0.510**	-0.121	0.351	-0.032	-0.147	**0.473**	**0.509**	-0.044	-0.014	**0.435**	**0.462**	**0.454**	-0.137	0.268	-0.001	-0.160	***1.000***

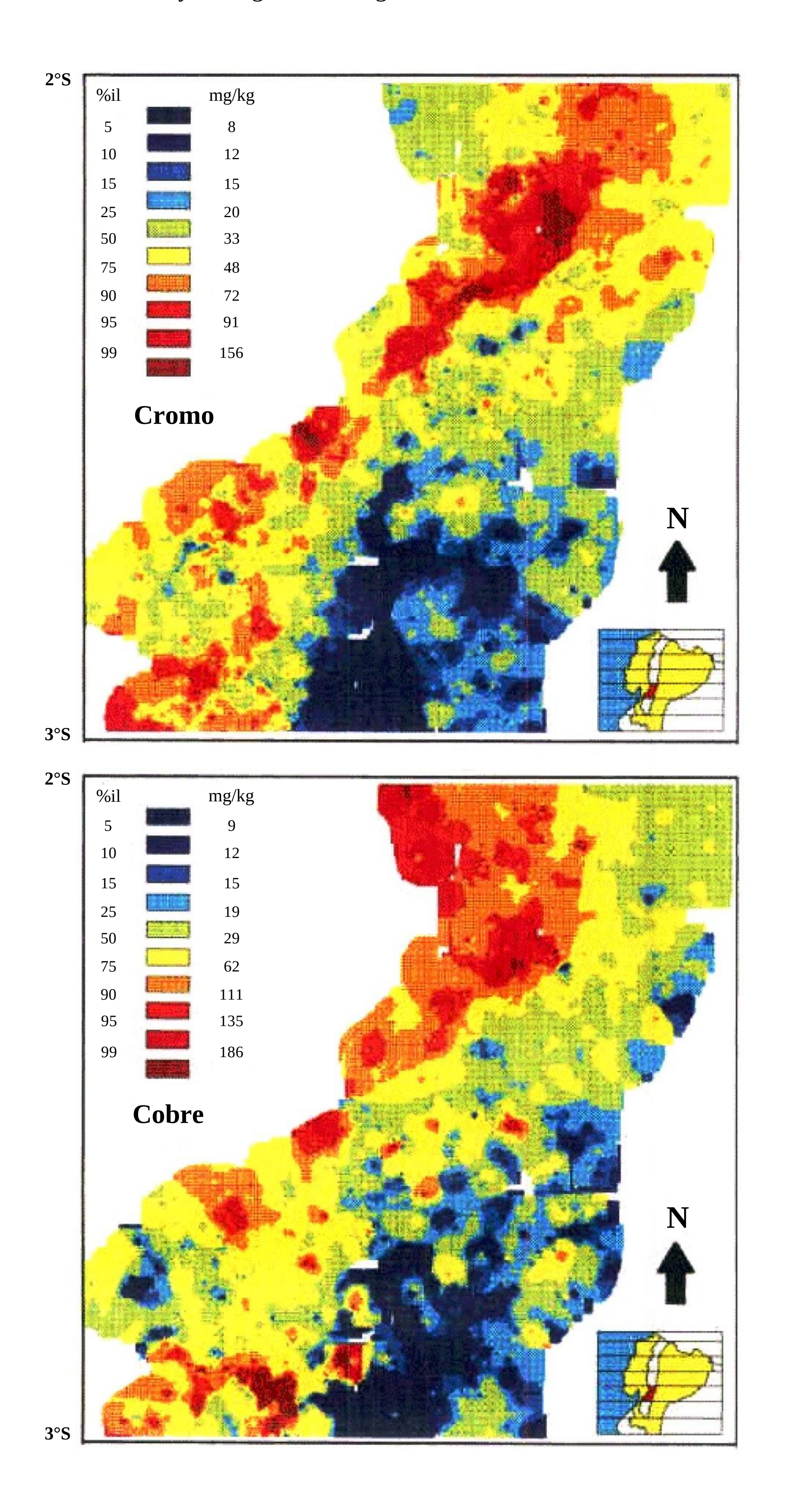
2456 observaciones fueron usadas en este cálculo



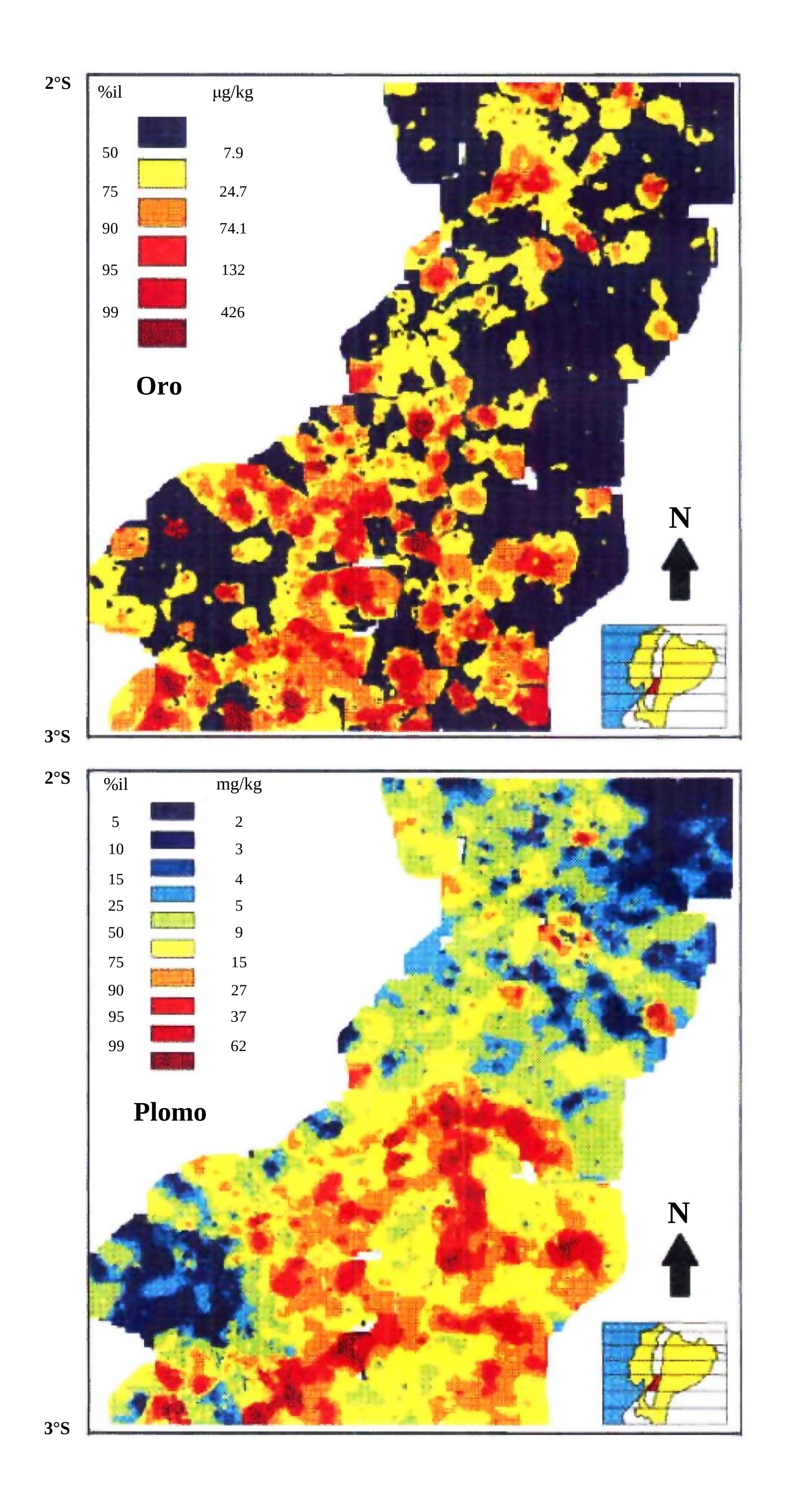
Figuras 7-8. Distribución regional de As y Ba en el área 2°-3°S del PICG.



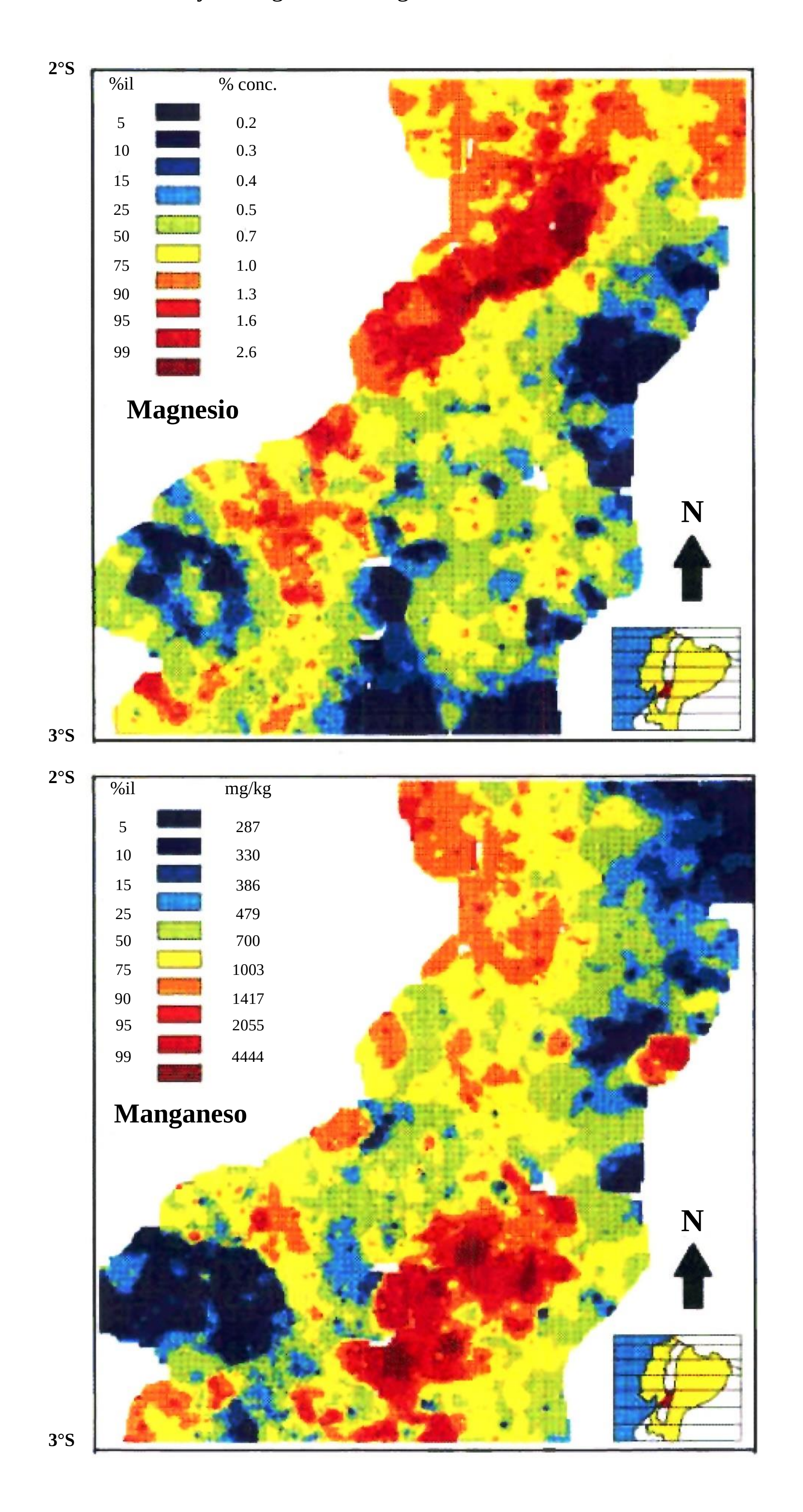
Figuras 9-10. Distribución regional de Ca y Co en el área 2°-3°S del PICG.



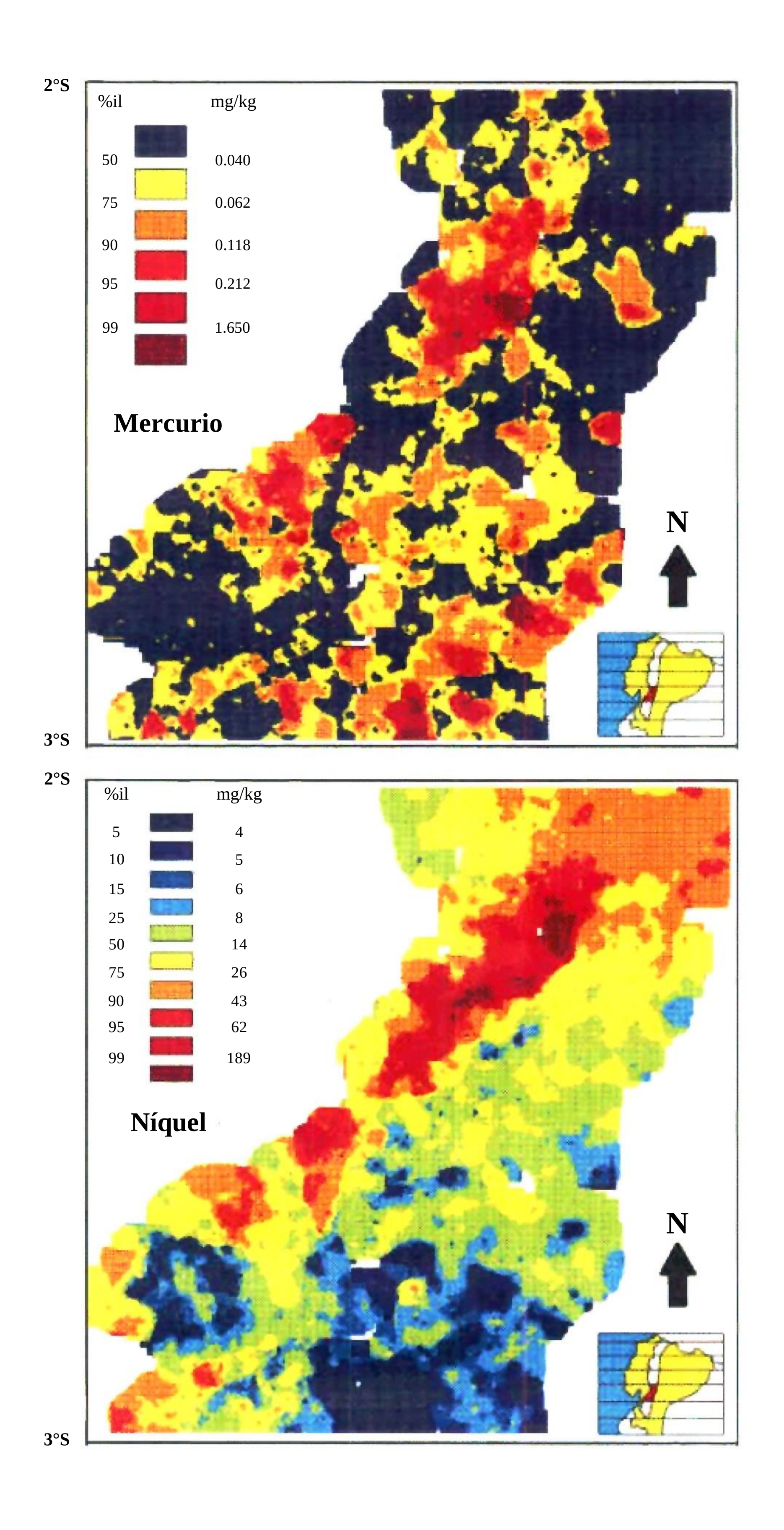
Figuras 11-12. Distribución regional de Cr y Cu en el área 2°-3°S del PICG.



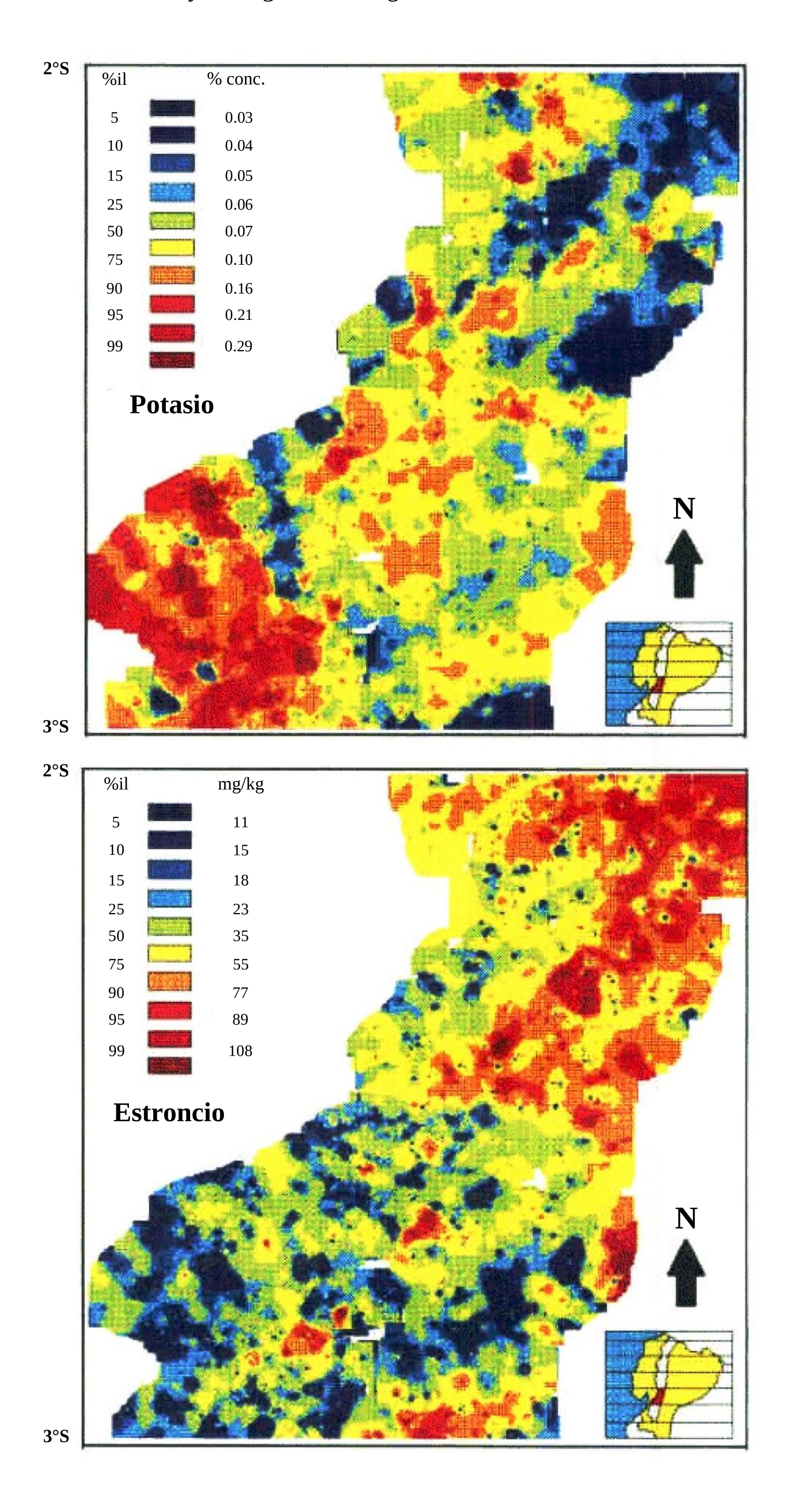
Figuras 13-14. Distribución regional de Au y Pb en el área 2°-3°S del PICG.



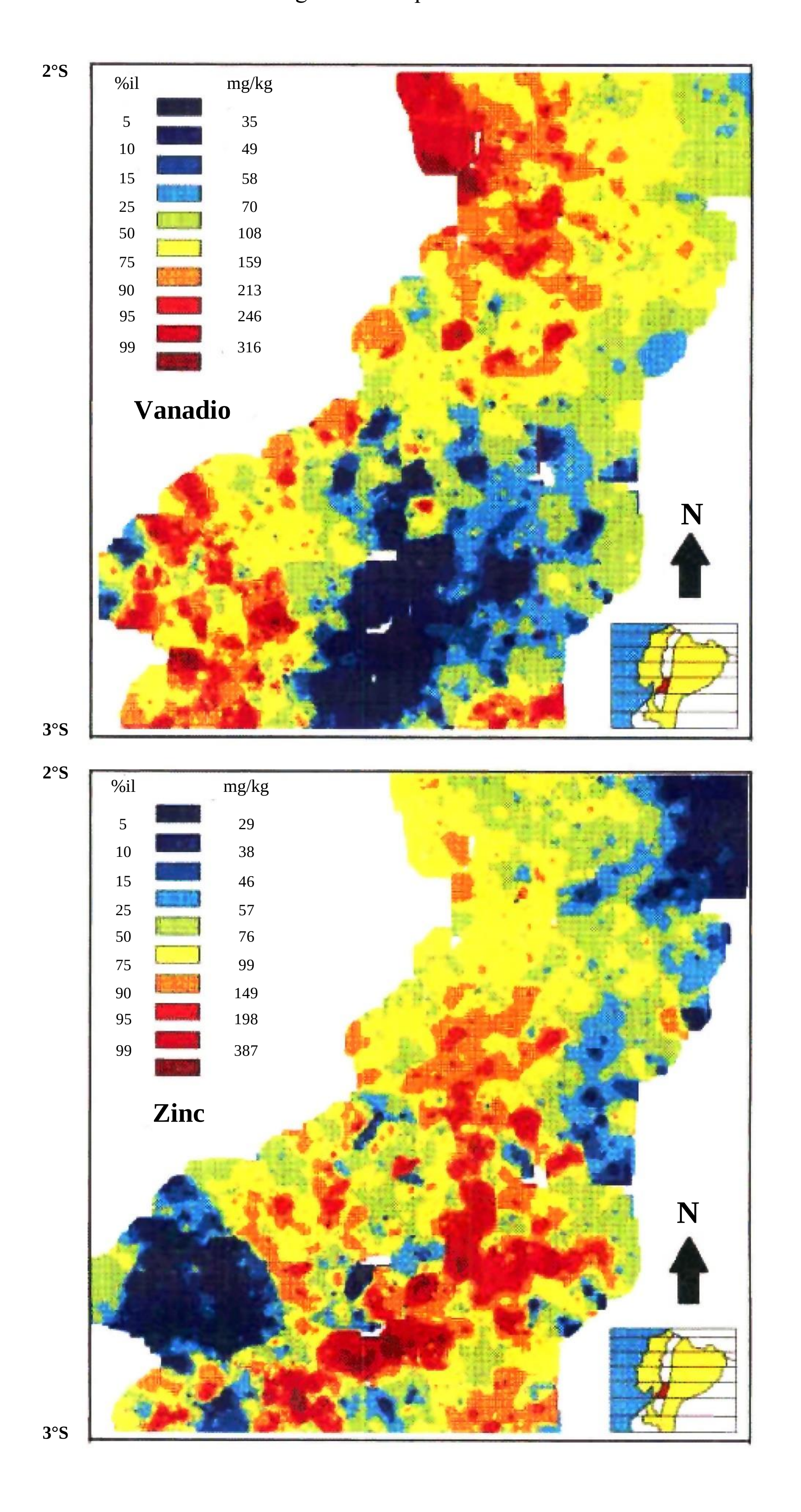
Figuras 15-16. Distribución regional de Mg y Mn en el área 2°-3°S del PICG.



Figuras 17-18. Distribución regional de Hg y Ni en el área 2°-3°S del PICG.



Figuras 19-20. Distribución regional de K y Sr en el área 2°-3°S del PICG.



Figuras 21-22. Distribución regional de V y Zn en el área 2°-3°S del PICG.

5.3 Terrenos geoquímicos

Las unidades litotectónicas principales del área 2°-3°S del PICG producen terrenos geoquímicos contrastantes.

(i) Los basaltos toleíticos de la Unidad Pallatanga muestran un enriquecimiento de Ca, Co, Cr, Cu, Mg y Ni a niveles correspondientes al percentil 10 superior del conjunto de datos en más del 50% del área de afloramiento. Se registran sistemáticamente bajas concentraciones de Ba (<60 mg/kg) y K (<0.1%).

(ii) La Unidad Macuchi muestra un enriquecimiento en una suite análoga a la de la Unidad Pallatanga, pero con relaciones sustancialmente mayores de Cu/Cr y Cu/Ni que reflejan un mayor componente andesítico.

(iii) Los componentes ácidos del Grupo Saraguro, especialmente la Formación Soldados y las facies dacíticas o riodacíticas de la Formación Chanlud, tienen una firma pobre en Co-Cu-Cr-Ni-V (la mayoría de los valores dentro del percentil 15 inferior del conjunto de datos). Se encuentran altas concentraciones de fondo de Pb y Ba.

(iv) Las lavas intermedias y las rocas volcanoclásticas derivadas de la Formación Cisarán se distinguen de otras litologías volcánicas e intrusivas por proporciones extremadamente altas de Sr/K. Los fondos para Ca, Co, Cu, Cr y V son bajos en comparación con las litologías más máficas de la Unidad Pallatanga, pero son altos en comparación con gran parte del Grupo Saraguro (la mayoría de los valores caen dentro del rango del percentil 40-60). Los fondos para As, Pb, Mn, Hg y Zn son bajos en comparación con todas las litologías no intrusivas.

(v) Las facies granodioríticas dentro del Batolito de Chaucha son ricas en K (percentil 10 superior) con un fondo bajo de As-Co-Pb-Mn-Mg-Ni-Zn (típicamente percentil 15 inferior).

Debido a los contrastes controlados litológicamente mencionados anteriormente, la aplicación de una única serie de valores de fondo o umbral a toda el área mapeada es inapropiada como base tanto para la exploración como para la derivación de líneas de base ambientales. Se propugna, por lo tanto, la interpretación independiente de datos para unidades litológicas individuales. Este enfoque, como se ejemplifica en las secciones siguientes, facilita la resolución de sutiles anomalías geoquímicas frente a fondos o umbrales adecuados al marco litológico local.

5.4 Análisis litoestratigráfico

5.4.1 Procedimiento

Se realizó una evaluación preliminar de los datos de sedimentos fluviales por unidad litoestratigráfica utilizando el software de procesamiento de exploración Interdex (Visidata Ltd.). Se superpuso una pantalla geo-registrada de puntos de muestra con un archivo DXF de litologías poligonizadas (Fig. 23), que luego se utilizó para aislar los puntos de muestra dentro de las unidades seleccionadas. Se generaron gráficos de probabilidad acumulada para elementos individuales dentro de cada unidad, y se utilizaron inflexiones para identificar los umbrales que definen valores anómalos dentro de la población. En casos donde múltiples inflexiones indican la presencia de más de dos componentes discretos en la población, generalmente se utilizó la mediana o la inflexión superior. Todos los valores de datos fueron posteriormente normalizados contra el umbral, y se produjeron mapas de anomalías mostrando solo aquellos puntos de datos con relaciones umbral/concentración >1.0. El proceso excluyó el análisis del basamento metamórfico y otras unidades litológicas para las cuales se consideró que el número de muestras era demasiado pequeño para que la técnica mantuviera validez estadística.

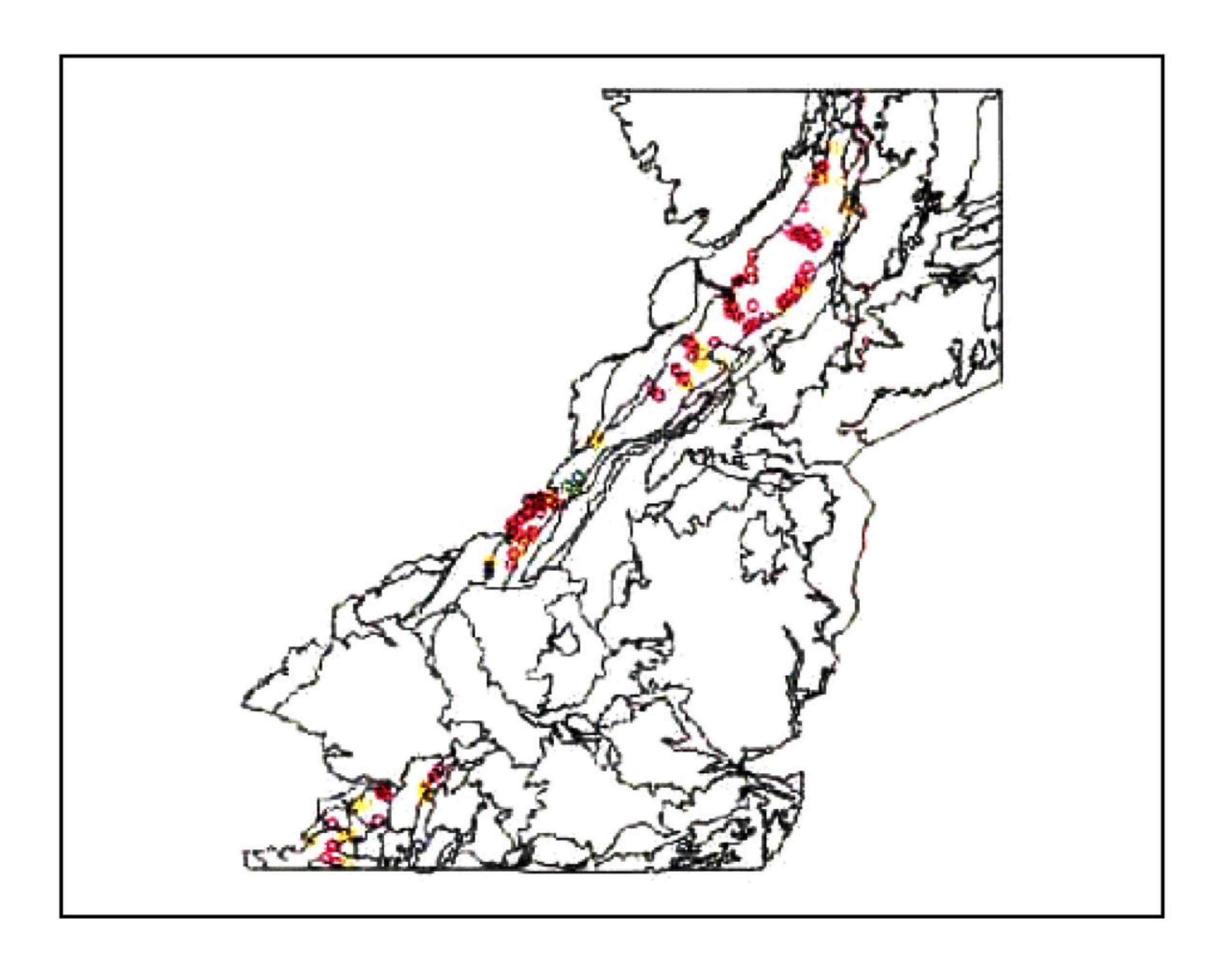


Figura 23. Captura de pantalla de Interdex mostrando la subselección de datos dentro de los polígonos de la Unidad Pallatanga (coloreado por concentración de Cu)

Las secciones 5.4.2-5.4.9 incluyen estadísticas resumidas que indican las firmas de multi-elementos de la mayoría de las unidades litoestratigráficas principales dentro del área 2°-3°S. También se proporcionan mapas de anomalías basados en el análisis de probabilidad acumulada para Au y un máximo de otros dos elementos. Los factores de enriquecimiento ambiental se indican entre paréntesis a lo largo del texto. Estos representan la relación aproximada entre la media de la unidad y el valor medio correspondiente para toda el área mapeada. Este enfoque se prefiere a la normalización convencional contra los valores medios de abundancia de la corteza superior (Taylor y McLennan, 1985), debido a que la técnica de extracción parcial utilizada durante el análisis de muestras del PICG invalida dicha corrección.

5.4.2 Unidad Pallatanga

La caracterización de la Unidad Pallatanga se realizó utilizando cinco polígonos que abarcan 170 estaciones de muestreo. Las estadísticas resumidas (Tabla 9) indican un fondo relativamente alto para Cu (2), Ni (1.2), V (1.3), Mg (2), Sc (2), Ti (2) y Hg (1.5). Los fondos para Pb (0.7) y As (0.6) son bajos.

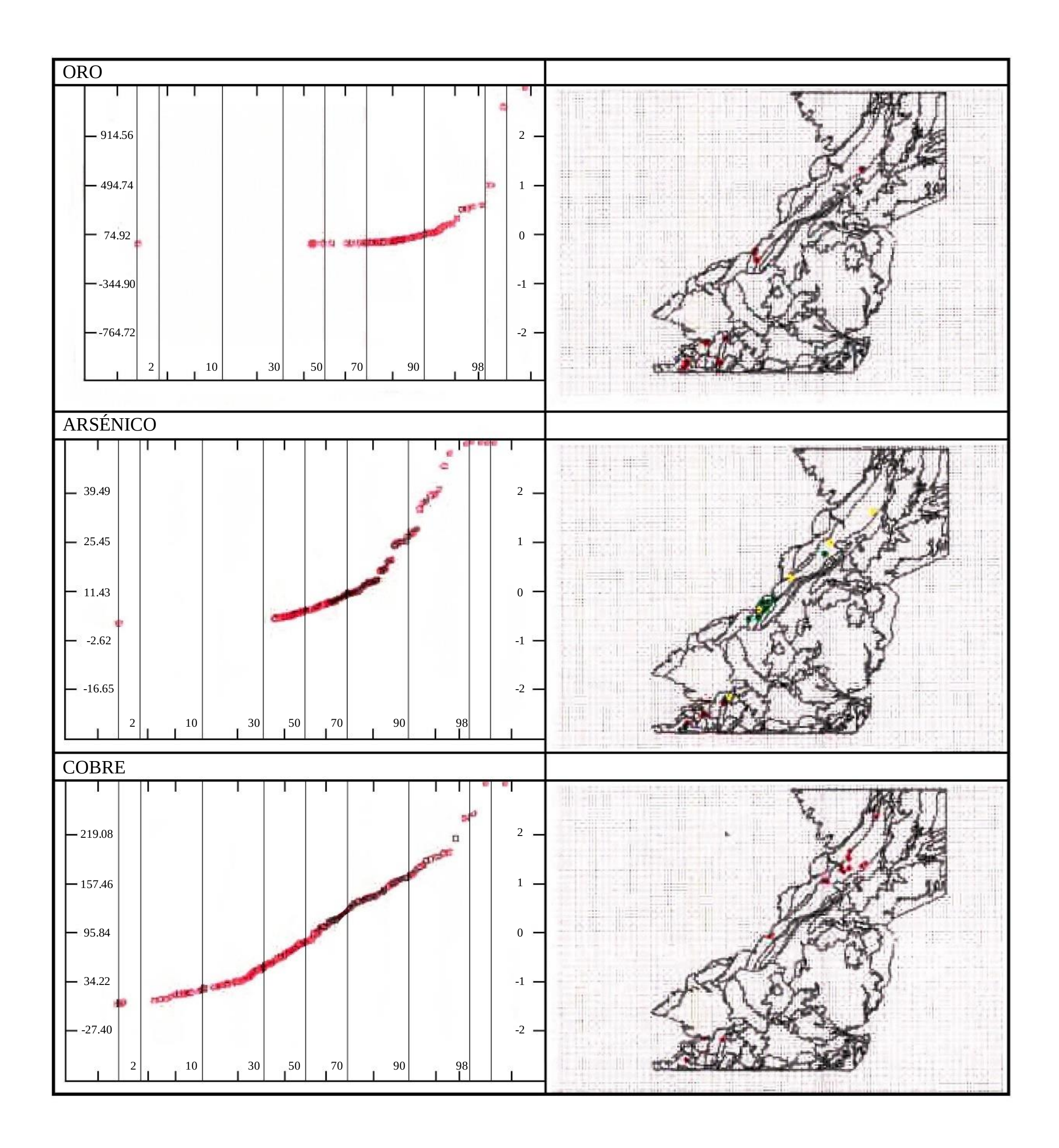


Figura 24. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizados litológicamente para Au, As y Cu en la Unidad Pallatanga. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase de percentil (base). Nota: La presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para muestras de la Unidad Pallatanga. El código de colores de los puntos individuales refleja su clase de percentil dentro de la población para toda el área 2°-3°S (ver Figs. 7-22).

Tabla 9. Unidad Pallatanga. Estadísticas resumidas.

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	170	74.92	419.82	3.33	4989	1.995
Ag	170	0.66	NA	0.66	0.66	4.33
Cu	170	95.84	61.62	8	342	21.5
Pb	170	9.27	12.95	2.66	102	36
Zn	170	96.61	48.76	15.625	336	16.3125
Mo	170	1.88	1.90	0.9	17	6.5
Ni	170	86.10	106.35	2.2	560	34
Co	170	26.70	11.04	6	52	7
Cd	170	0.63	1.32	0.46	17.2	4
Bi	170	4.28	1.44	4	19	4
Fe	170	6.00	2.01	1.5	10	106
Mn	170	893.95	400.99	202	2566	108
Te	170	6.80	0.94	6.66	14	11.5
Ba	170	73.09	48.27	6	292.5	67
Cr	170	94.01	71.02	10	430.5	109
V	170	171.04	91.14	39	637	40.5
Sn	170	13.98	3.24	13.33	43	13.33
W	170	13.33	NA	13.33	13.33	13.33
La	170	9.90	9.14	0.66	66	4
Al	170	3.16	1.20	0.62	7.14	2.05
Mg	170	1.54	0.95	0.21	4.975	1.1975
Ca	170	1.23	0.84	0.13	4.59	0.14
Na	170	0.04	0.03	0.01	0.15	0.04
K	170	0.07	0.06	0.007	0.46	0.155
Sr	170	32.61	22.02	1	93	11
Y	170	7.62	3.61	3	23	7
Ga	170	6.67	3.98	1.33	17	7
Li	170	9.82	6.36	1.833	34	5
Nb	170	3.98	5.38	0.66	32	5
Sc	170	11.46	7.95	3.33	39	6.66
Ta	170	6.66	NA	6.66	6.66	3.645
Ti	170	0.21	0.12	0.007	0.63	0.645
Zr	170	7.49	5.47	0.66	29.5	6.45
As	170	11.43	14.08	2.66	77	2.66
Sb	170	1.66	1.46	1.26	15.917	1.26
Hg	170	0.17	0.44	0.026	3.953	0.064

La gráfica de probabilidad acumulada para Au (Fig. 24) destaca tres subpoblaciones con un umbral de 195 µg/kg (percentil 95). Después de la normalización, el mapa de anomalías correspondiente para Au (Fig. 24) resalta siete anomalías prospectivas. El valor más alto individual de Au (4989 µg/kg) se registra en las cabeceras del Río Pijilí (ref. 668861-9671581) en un inlier fallado con dirección N de la Unidad Pallatanga intruida por una granodiorita. No hay enriquecimiento de metaloides asociados (As 2.66 mg/kg; Sb 1.26 mg/kg). Se evidencian trabajos artesanales de extracción de Au varios kilómetros río abajo dentro de la cuenca. Aproximadamente a 10 km al oeste (ref. 656882-9671188), se registra un valor de 1160 µg/kg de Au en un entorno análogo en el contacto fallado occidental de la misma intrusión de granodiorita con la Unidad Pallatanga. También se registran valores anómalos de Cu (238 mg/kg), As (65 mg/kg), Sb (8.75 mg/kg) y Hg (0.7 mg/kg). La gráfica de probabilidad acumulada para As muestra una población de cuatro componentes de la cual se puede derivar un umbral funcional de 21.5 mg/kg (percentil 86). Los índices de color en el mapa de anomalías correspondiente para As (Fig. 24) confirman que el enriquecimiento dentro de la Unidad Pallatanga no excede el percentil 75 del conjunto de datos (completo) 2°-3°S. La covariación espacial con Au está estrictamente limitada.

5.4.3 Unidad Macuchi

La Unidad Macuchi del área 2°-3°S del PICG abarca 152 estaciones de muestreo, cuyas estadísticas resumidas se presentan en la Tabla 10. Se registra una firma volcánica calcoalcalina típica, con fondos relativamente altos para Ca (1.8), Cu (2), Co (1.5) y V (1.5), altas relaciones Cu/Cr y bajos valores de Pb (0.5) y As (0.3). Se evidencia una distinción litogeoquímica entre las lavas almohadilladas predominantemente andesíticas y basálticas del este de la Unidad Macuchi y las facies tobáceas y volcanosedimentarias hacia el oeste. La gráfica de probabilidad acumulada para Au (Fig. 25) muestra tres componentes discretos con una inflexión en la base del tercer tramo correspondiente a un umbral de 60 µg/kg (percentil 91). Los valores que exceden este umbral ocurren exclusivamente en un sector de lavas almohadilladas basáltico-andesíticas en la parte oriental de la Unidad Macuchi. No se identifican anomalías en las litologías tobáceas y volcanosedimentarias hacia el oeste. Dos valores anómalos de hasta 414 µg/kg (con enriquecimiento coincidente de Bi) ocurren en los afluentes del Río Chimbo (ref. 719502-9775689) en el contacto fallado con un pequeño stock de granodiorita. Se registran anomalías de hasta 451 µg/kg en los afluentes del Río Loro. No se reportó ampliamente sobre oro libre en concentrados minerales pesados del este de la Unidad Macuchi. La mayoría de las anomalías se atribuyen a oro refractario en pirita diseminada dentro de las facies basálticas. La población de As muestra dos componentes con una inflexión en aproximadamente 10 mg/kg (percentil 93). La coincidencia de los valores más altos de As con Au es baja, solo una muestra anómala de As produjo >50 µg/kg de Au. El umbral definido para Cu (160 mg/kg) es alto en comparación con todas las demás litologías excepto la Unidad Pallatanga. Los valores anómalos que exceden este nivel no muestran una tendencia consistente dentro de la Unidad Macuchi.

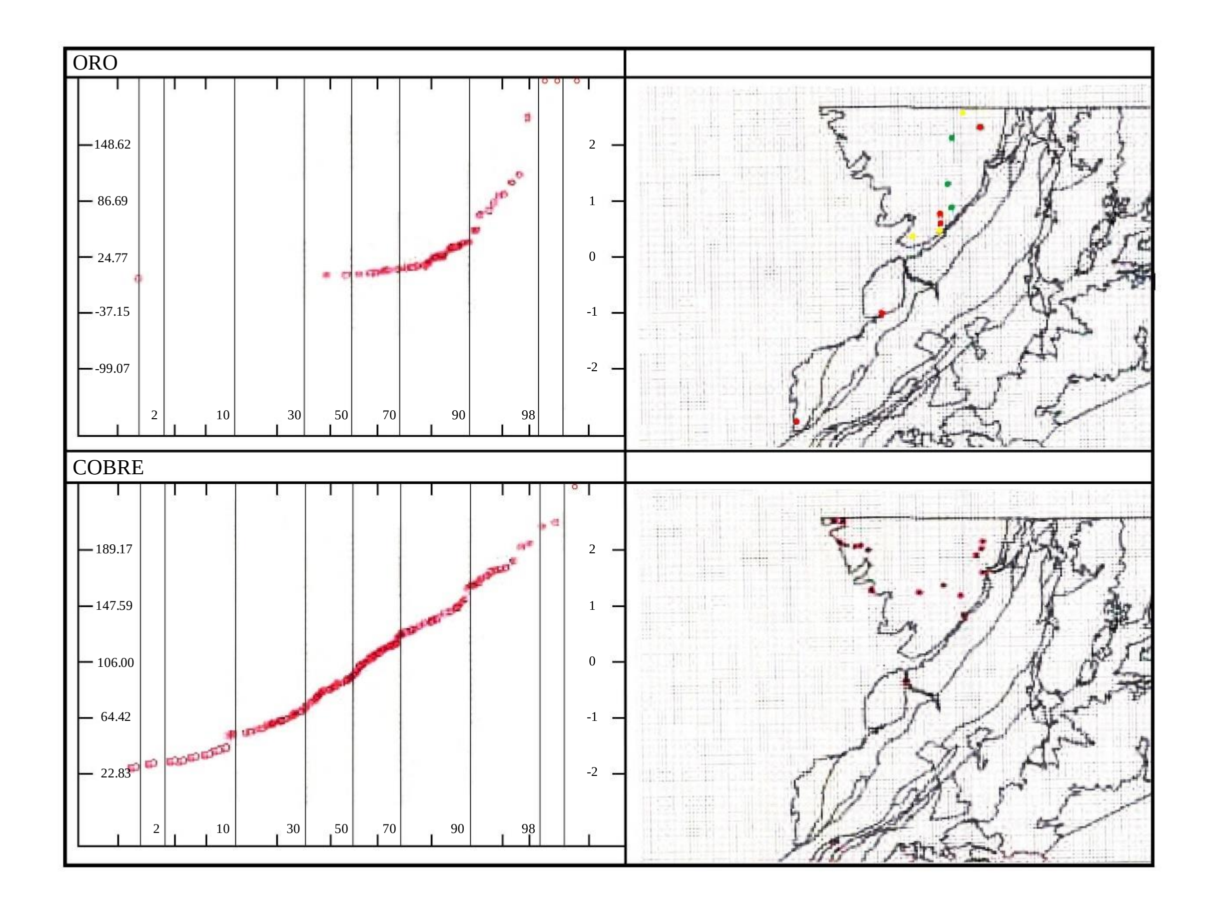


Figura 25. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizados litológicamente para Au y Cu en la Unidad Macuchi. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase de percentil (base). Nota: La presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para muestras de la Unidad Macuchi. El código de colores de los puntos individuales refleja su clase de percentil dentro de la población para toda el área 2°-3°S (ver Figs. 7-22).

Tabla 10. Unidad Macuchi. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	152	24.77	61.92252	3.33	451	7
Ag	152	0.66	NA	0.66	0.66	0.66
Cu	152	106.00	41.58437	34	264	101.5
Pb	152	6.38	4.738391	2.66	36	5
Zn	152	76.71	17.1975	30	129	76.5
Mo	152	1.94	1.87	0.9	13	0.9
Ni	152	20.38	8.26	7	58	19
Co	152	20.86	5.06	9	40.32	20
Cd	152	0.46	0.06	0.46	1.16	0.46
Bi	152	4.31	1.24	4	13	4
Fe	152	5.75	1.43	2.67	10	5.71
Mn	152	994.05	323.59	441	2338	979
Te	152	7.19	3.61	6.66	44	6.66
Ba	152	105.49	43.45	34	274	101
Cr	152	42.04	36.25	12	278	33
V	152	185.36	68.47	60	437	185
Sn	152	13.67	1.92	13.33	28	13.33
W	152	13.33	NA	13.33	13.33	13.33
La	152	7.47	6.19	0.66	36	6
Al	152	3.58	0.79	1.55	5.75	3.57
Mg	152	1.07	0.34	0.42	2.5	1.03
Ca	152	1.07	0.55	0.23	2.54	0.99
Na	152	0.03	0.02	0.007	0.12	0.03
K	152	0.09	0.08	0.02	0.82	0.07
Sr	152	48.42	27.51	0.66	133	53.5
Y	152	7.95	3.26	2	17	7.5
Ga	152	5.51	3.93	1.33	16	5
Li	152	7.44	4.16	0.8	32	7
Nb	152	3.93	5.47	0.66	24	1
Sc	152	12.90	6.32	3.33	35	12
Ta	152	7.10	3.50	6.66	44	6.66
Ti	152	0.16	0.04	0.01	0.31	0.17
Zr	152	6.84	2.93	0.66	15	6
As	152	5.20	8.17	2.66	83	2.66
Sb	152	1.31	0.38	1.26	5.3	1.26
Hg	152	0.04	0.02	0.02	0.18	0.026

5.4.4 Grupo Angamarca

El grupo Angamarca abarca 114 estaciones. Las estadísticas resumidas (Tabla 11) muestran una composición calcárea con un componente máfico significativo. Prevalecen fondos relativamente altos para Ni (2.0), Co (1.5), Cr (1.5), Mg (1.5), Ca (1.5) y As (1.5). El gráfico de probabilidad acumulada para Au (Fig. 26) muestra una inflexión en 37 µg/kg (percentil 93). Los valores más altos están concentrados en dos áreas, especialmente cerca de Agua Caliente en las partes media y superior de la cuenca del Río Tixay. Los valores más altos registrados (1028 µg/kg en ref. 669293-9708144) en el flanco NW de Filo de Parva coinciden con el valor máximo de As para el área 2°-3°S (1402 mg/kg). También se registran valores elevados de Ag (2.3 mg/kg) y Hg (0.1 mg/kg). La localidad se encuentra a 2-3 km al noroeste de un estrecho afloramiento altamente silicificado (y piritoso) de basaltos de Pallatanga. Los valores anómalos de As superan un umbral de 49 mg/kg (percentil 92). Con la excepción de la localidad del Río Tixay, la covariación entre As y Au es limitada. La zona principal de enriquecimiento de As ocurre en la cuenca del Estero Las Minas, donde los sedimentos con hasta 596 mg/kg (ref. 700963-9738398) no muestran enriquecimiento concomitante de otros metales o metaloides.

5.4.5 Grupo Saraguro

5.4.5.1 La Formación Ocaña está representada por 95 estaciones de muestreo (Tabla 12). Una composición volcánica ácida produce fondos bajos para Cu, Ni, V, Co y Cr (<1) y concentraciones ambientales relativamente altas de Pb (1.5) y Ba (2). Las relaciones de K/Ba son bajas. La distribución de probabilidad acumulada para Au dentro de la Formación Ocaña (Fig. 27) muestra una inflexión en 56 µg/kg (percentil 92). Valores anómalos elevados de 1540 µg/kg y 1033 µg/kg, respectivamente, ocurren en las cabeceras del sistema de la Quebrada de las Ánimas 2 km al oeste de San Antonio (ref. 699853-9720822) y en el alto Río Patul (ref. 691643-9707558). El primero ocurre en tobas riodacíticas a riodacíticas fuertemente silicificadas con abundante pirita diseminada. El segundo se encuentra en un contacto diorita-dacita silicificado. Ambos sistemas fluviales presentan valores de rastreo de 200-400 µg/kg de Au sin enriquecimiento concomitante de elementos indicadores. Se supera significativamente un umbral de As definido empíricamente de 48 mg/kg con un valor de 423 mg/kg en el extremo sur del afloramiento de Ocaña, con un enriquecimiento concomitante de Bi a 28 mg/kg. Varios valores anómalos de Pb hasta 159 mg/kg ocurren dentro del área de San Antonio forman el límite noroeste de una importante zona de enriquecimiento de Pb que se extiende 30 km hacia la Formación Chanlud al sur y a través del afloramiento de Tomebamba hacia el este.

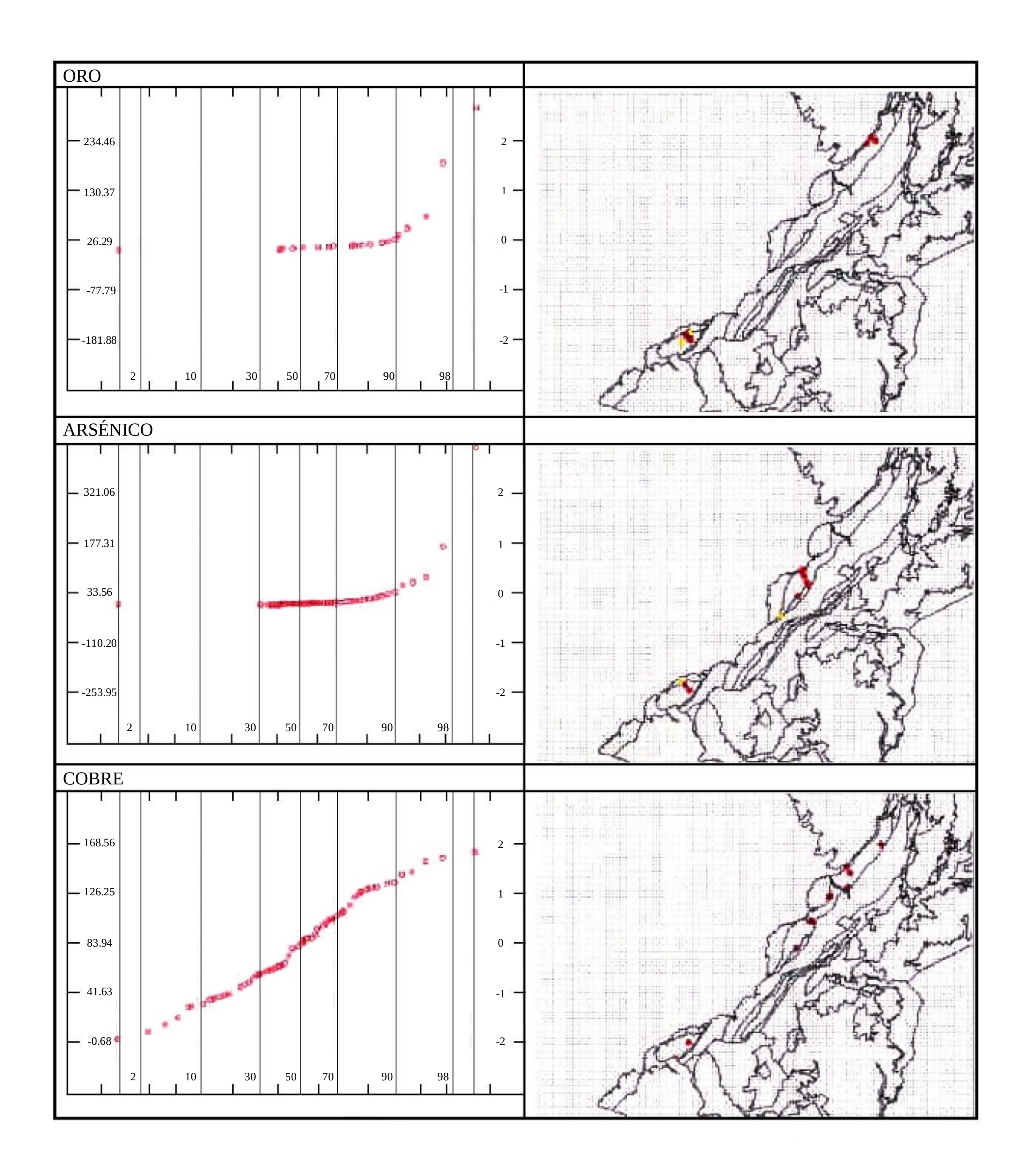


Figura 26. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizados litológicamente para Au, As y Cu en el Grupo Angamarca. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase de percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para muestras del Grupo Angamarca. El código de colores de los puntos individuales refleja su clase de percentil dentro de la población para toda el área 2°-3°S (ver Figs. 7-22).

Tabla 11. Grupo Angamarca. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	114	26.29	104.08	3.33	1028.00	7.00
Ag	114	0.70	0.29	0.66	3.25	0.66
Cu	114	83.94	42.31	3.00	223.00	81.50
Pb	114	7.73	5.90	2.66	48.17	7.00
Zn	114	79.45	26.51	3.33	181.00	81.50
Mo	114	1.96	1.52	0.90	7.00	0.90
Ni	114	45.59	42.10	2.20	279.00	41.75
Co	114	21.23	9.07	1.73	46.50	21.00
Cd	114	0.55	0.45	0.46	3.70	0.46
Bi	114	4.34	1.27	4.00	12.00	4.00
Fe	114	5.35	1.62	0.01	10.00	5.32
Mn	114	759.87	317.30	22.66	1551.00	732.00
Te	114	7.43	5.06	6.66	56.00	6.66
Ba	114	98.46	68.52	3.60	457.00	84.25
Cr	114	64.66	35.88	4.00	236.00	58.50
V	114	149.70	72.28	0.66	436.00	132.00
Sn	114	13.74	1.94	13.33	24.00	13.33
W	114	13.40	0.72	13.33	21.00	13.33
La	114	8.22	6.24	0.66	31.00	7.00
Al	114	2.99	1.06	0.01	5.97	2.84
Mg	114	1.17	0.61	0.01	3.80	1.14
Ca	114	1.08	0.78	0.01	3.46	0.88
Na	114	0.03	0.02	0.01	0.13	0.03
K	114	0.11	0.09	0.01	0.47	0.08
Sr	114	31.51	19.90	-1.00	83.00	33.00
Y	114	6.73	3.10	0.66	17.00	6.00
Ga	114	5.42	3.44	1.33	16.00	5.00
Li	114	14.23	8.21	0.80	45.00	13.00
Nb	114	2.33	3.44	0.66	20.00	0.66
Sc	114	10.82	6.67	3.33	39.00	10.00
Ta	114	7.66	7.26	6.66	77.00	6.66
Ti	114	0.15	0.10	0.01	0.47	0.12
Zr	114	5.79	5.26	0.66	26.50	4.00
As	114	33.56	143.75	2.66	1402.00	6.65
Sb	114	1.34	0.43	1.26	4.20	1.26
Hg	114	0.10	0.23	0.03	2.38	0.05

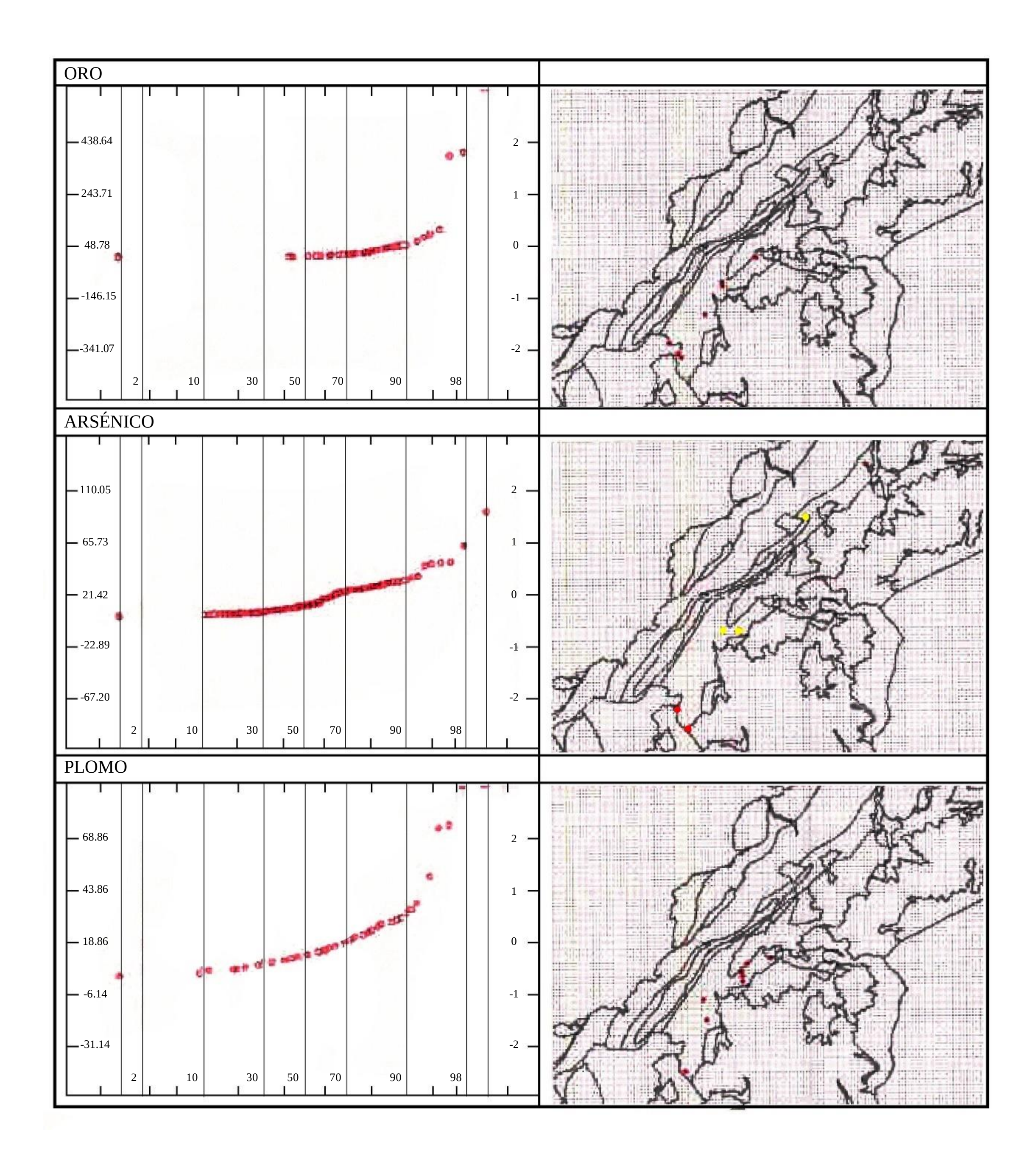


Figura 27. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizados litológicamente para Au, As y Pb en la Formación Ocaña. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para muestras de la Formación Ocaña. La codificación por colores de los puntos individuales refleja su clase percentil dentro de la población de toda el área 2°-3°S (ver Figs. 7-22).

Tabla 12. Formación Ocaña. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	95	48.78	194.93	3.33	1540.00	6.00
Ag	95	0.66	NA	0.66	0.66	0.66
Cu	95	35.96	42.99	3.00	383.00	26.00
Pb	95	18.86	25.00	2.66	159.00	12.00
Zn	95	91.25	79.35	9.00	707.00	75.00
Mo	95	2.36	1.93	0.90	9.00	2.00
Ni	95	18.59	42.01	2.20	316.00	12.00
Co	95	13.64	6.57	1.73	35.00	13.00
Cd	95	0.65	0.89	0.46	8.75	0.46
Bi	95	4.86	3.02	4.00	28.00	4.00
Fe	95	4.55	1.69	0.81	10.00	4.52
Mn	95	697.47	313.20	39.00	2157.00	624.00
Te	95	7.19	3.70	6.66	36.00	6.66
Ba	95	145.41	87.34	9.00	703.00	131.00
Cr	95	31.00	27.40	2.46	173.00	24.00
V	95	108.72	62.95	8.00	340.00	106.00
Sn	95	14.12	3.99	13.33	40.00	13.33
W	95	13.40	0.68	13.33	20.00	13.33
La	95	10.97	13.27	0.66	129.00	9.00
Al	95	2.11	0.87	0.49	5.47	1.95
Mg	95	0.71	0.52	0.03	4.08	0.65
Ca	95	0.76	0.47	0.03	2.98	0.66
Na	95	0.04	0.03	0.01	0.15	0.03
K	95	0.09	0.03	0.01	0.16	0.09
Sr	95	41.37	33.96	0.66	174.00	35.00
Y	95	6.88	3.56	0.66	33.00	7.00
Ga	95	4.03	3.15	1.33	16.00	3.00
Li	95	11.10	5.25	0.80	28.00	11.00
Nb	95	2.82	3.68	0.66	20.00	1.00
Sc	95	4.72	2.26	3.33	13.00	3.33
Ta	95	6.97	3.01	6.66	36.00	6.66
Ti	95	0.10	0.08	0.01	0.39	0.08
Zr	95	4.52	4.40	0.66	22.00	3.00
As	95	21.42	44.31	2.66	423.40	11.80
Sb	95	1.71	1.08	1.26	7.60	1.26
Hg	95	0.23	1.79	0.03	17.47	0.04

5.4.5.2 La Unidad Chulo incorpora 53 estaciones de muestreo, cuyas estadísticas resumidas (Tabla 13) confirman una composición ácida con un alto fondo de Ba (2) y niveles extremadamente bajos de Co (0.5), Cu (0.3), Ni (0.25), Fe (0.5), Cr (0.2) y V (0.3) en el ambiente. El umbral definido para Au (Fig. 28) es de 80 µg/kg (percentil 90). Una anomalía de 3127 µg/kg de Au con 3.65 mg/kg de Ag en el sistema de Quebrada Chocarhuaren (ref. 698051-9700569) posiblemente indica mineralización epitermal en volcánicos andesíticos silicificados de la Formación Chanlud suprayacente que aflora en las cabeceras de la cuenca. Otras anomalías incluyen valores de 432 µg/kg de Au en el Río de Curiquinga (ref. 699548-9699316) y 442 µg/kg (con un modesto enriquecimiento de As y Sb) en la cuenca del Río Miguir (ref. 687806-9690399). La covariación de As con Au en la Unidad Chulo es por lo demás limitada. Un valor umbral de Ba de 352 mg/kg (percentil 86) para la Unidad Chulo se encuentra en el 1 % más alto del conjunto de datos de 2°-3°S en su totalidad. Valores por encima de este nivel (hasta 1073 mg/kg; ref. 694025-9693656) están influenciados por la altitud y el tipo de suelo, especialmente en las cabeceras del Río Cajas donde la sobrecarga orgánica induce una movilización sustancial y la co-precipitación con óxidos de Fe-Mn hidratados. Esto está fuertemente sugerido por el enriquecimiento coincidente de Ba con Mn hasta ca. 1%, Zn a >1000 mg/kg y As a ca. 60 mg/kg.

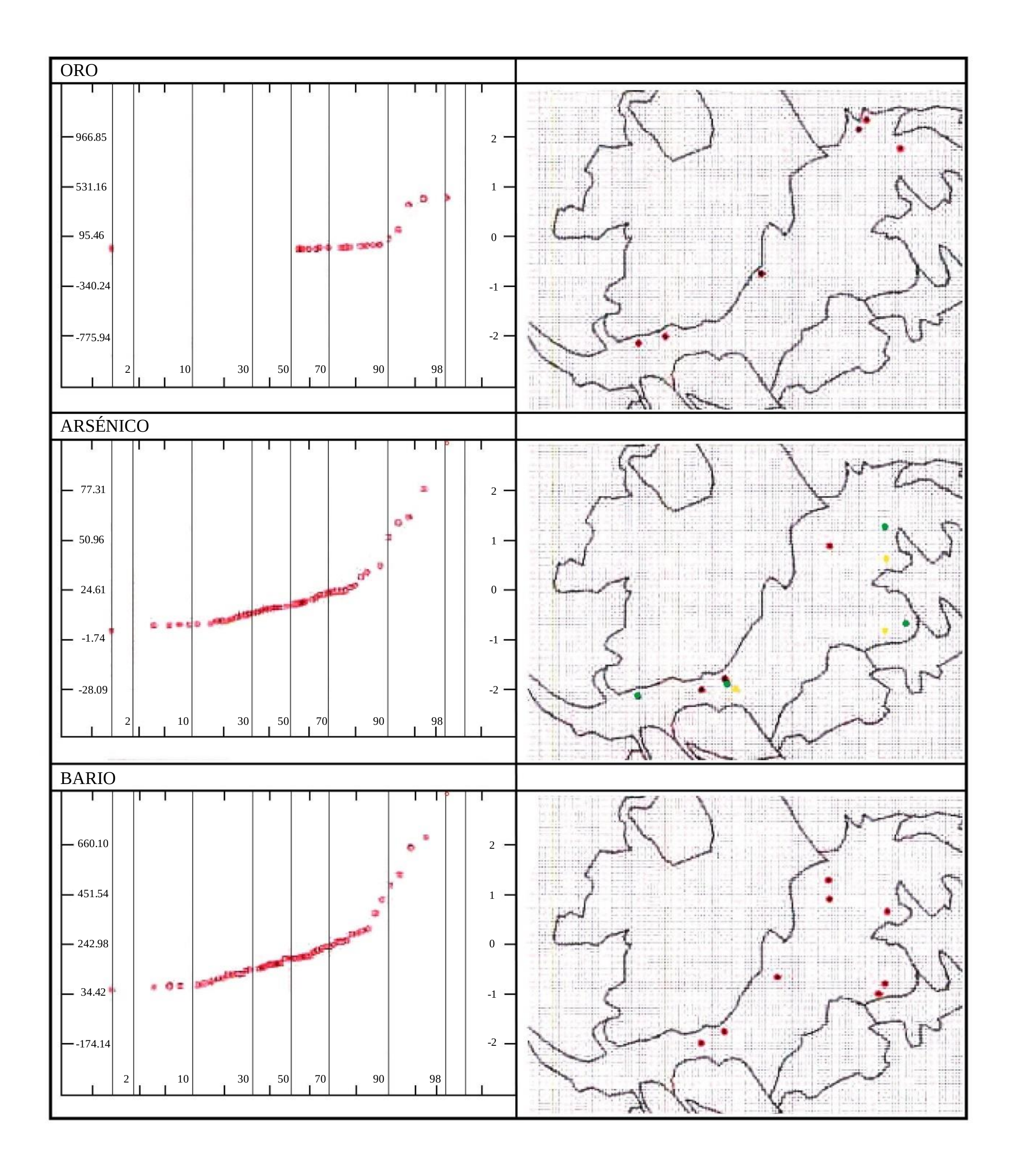


Figura 28. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizadas litológicamente para Au, As y Ba en la Unidad Chulo. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para las muestras de la Unidad Chulo. La codificación por colores de los puntos individuales refleja su clase percentil dentro de la población para toda el área de 2°-3°S (ver Figs 7-22).

Tabla 13: Unidad Chulo. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	53	95.46	435.70	3.33	3127.00	3.33
Ag	53	0.73	0.42	0.66	3.65	0.66
Cu	53	15.91	23.59	3.00	126.50	9.00
Pb	53	12.22	6.83	2.66	40.50	10.00
Zn	53	111.68	162.83	23.00	1052.50	60.00
Mo	53	2.55	2.67	0.90	13.00	2.00
Ni	53	5.91	6.63	2.20	50.00	5.00
Co	53	7.62	3.91	4.00	22.50	7.00
Cd	53	0.78	0.79	0.46	4.20	0.46
Bi	53	4.08	0.55	4.00	8.00	4.00
Fe	53	2.42	0.87	0.88	5.71	2.33
Mn	53	1946.17	2309.15	222.00	10319.00	1185.00
Te	53	6.66	NA	6.66	6.66	6.66
Ba	53	242.98	208.56	49.00	1073.00	189.00
Cr	53	7.74	3.25	2.46	16.00	7.00
V	53	31.92	14.69	10.00	93.50	30.00
Sn	53	13.33	NA	13.33	13.33	13.33
W	53	13.33	NA	13.33	13.33	13.33
La	53	10.97	5.18	0.66	27.00	11.00
Al	53	1.71	0.61	0.37	3.52	1.64
Mg	53	0.33	0.14	0.02	0.58	0.33
Ca	53	0.67	0.73	0.13	5.47	0.51
Na	53	0.02	0.01	0.01	0.07	0.02
K	53	0.10	0.05	0.03	0.38	0.10
Sr	53	36.07	38.92	-1.00	276.00	32.00
Y	53	7.50	3.30	3.00	19.00	6.00
Ga	53	4.57	5.61	1.33	34.00	3.00
Li	53	19.05	11.75	0.80	58.00	18.00
Nb	53	1.99	2.54	0.66	17.00	1.00
Sc	53	3.33	0.00	3.33	3.33	3.33
Ta	53	6.66	0.00	6.66	6.66	6.66
Ti	53	0.03	0.03	0.01	0.10	0.03
Zr	53	1.46	1.07	0.66	6.00	1.00
As	53	24.61	26.35	2.66	145.40	16.40
Sb	53	1.77	1.39	1.26	8.70	1.26
Hg	53	0.06	0.04	0.03	0.28	0.05

5.4.5.3 La Unidad Filo Cajas solo incorpora 17 muestras. La validez de las estadísticas resumidas (Tabla 14) y los gráficos de probabilidad acumulada es, por lo tanto, limitada. Un alto valor medio de Au de 136.98 µg/kg está, por ejemplo, fuertemente sesgado por valores atípicos hasta 784 µg/kg (la mediana es de 11 µg/kg). Una firma ácida está indicada por bajos fondos de Cu (0.6), Ni (0.6), Cr (0.3) y V (0.3). Niveles elevados de la media para el Pb (1.7) y Ba (1.4) prevalecen en relación con el fondo regional. Se supera un valor umbral de Au de 94 µg/kg (percentil 86) en tres localidades (Fig. 29), cada una de las cuales tiene valores dentro del 1 % más alto de todo el conjunto de datos. Un valor de 521 µg/kg en las cabeceras del Río Putucay (ref. 688855-9702706) se encuentra a 1 km aguas abajo de andesitas silicificadas asignadas a un outlier de la Formación Chanlud. Se registra una anomalía de 717 µg/kg de Au con un modesto enriquecimiento de As (21 mg/kg) y Hg (0.108 mg/kg) en Q. El Parco (ref. 686941-9691901), a 1 km aguas abajo de un contacto intrusivo en el margen suroeste de la Unidad Filo Cajas. Se indica mineralización a lo largo de la falla Q. Suerococha con orientación NNW (ref. 690543-9691275) con un valor de 784 µg/kg de Au y un enriquecimiento coincidente de As hasta 29 mg/kg (superior al umbral empírico derivado del gráfico de probabilidad acumulada de As en la Fig. 29).

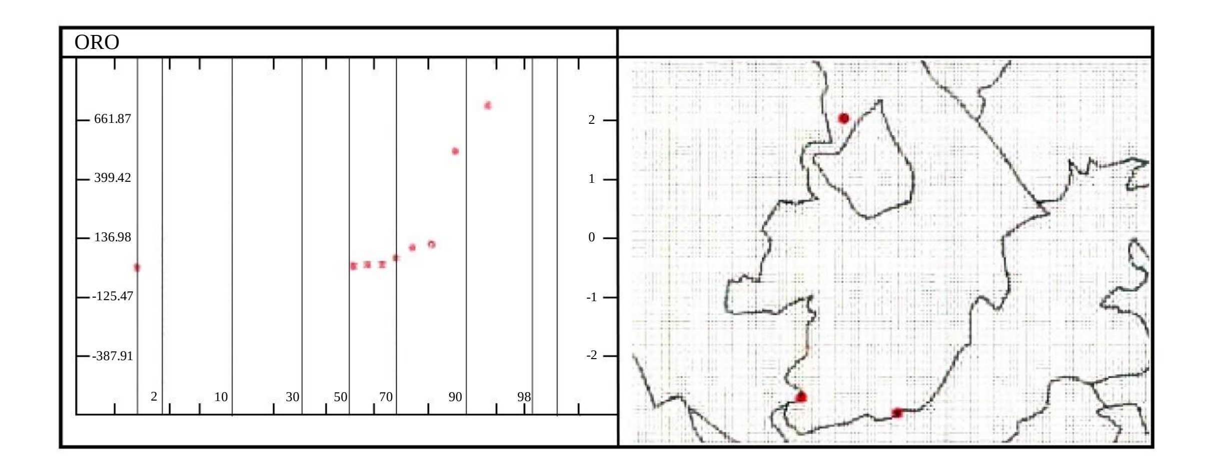


Figura 29. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizadas litológicamente para Au en la Unidad Filo Cajas. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para las muestras de la Unidad Filo Cajas. La codificación por colores de los puntos individuales refleja su clase percentil dentro de la población para toda el área de 2°-3°S (ver Figs 7-22).

Tabla 14. Unidad Filo Cajas. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	17	136.98	262.45	3.33	784.00	11.00
Ag	17	0.69	0.13	0.66	1.20	0.66
Cu	17	32.29	40.53	10.00	171.00	15.00
Pb	17	21.24	16.99	7.00	68.00	15.00
Zn	17	79.62	48.29	3.33	185.94	72.00
Mo	17	3.27	2.57	0.90	9.00	2.00
Ni	17	13.00	8.56	4.00	35.00	10.00
Co	17	16.76	11.89	6.00	47.00	13.00
Cd	17	0.79	0.55	0.46	2.10	0.46
Bi	17	4.18	0.73	4.00	7.00	4.00
Fe	17	3.24	1.13	1.56	5.45	3.13
Mn	17	706.12	364.75	267.00	1283.00	676.00
Te	17	6.66	0.00	6.66	6.66	6.66
Ba	17	165.82	83.18	61.00	330.00	165.00
Cr	17	11.76	6.38	4.00	28.00	10.00
V	17	42.71	19.52	20.00	92.00	36.00
Sn	17	13.33	0.00	13.33	13.33	13.33
W	17	13.33	0.00	13.33	13.33	13.33
La	17	9.61	4.86	0.66	17.00	9.00
Al	17	2.04	0.61	0.93	3.29	1.99
Mg	17	0.55	0.35	0.20	1.57	0.42
Ca	17	0.62	0.44	0.07	1.52	0.52
Na	17	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02
K	17	0.10	0.03	0.06	0.16	0.09
Sr	17	28.65	17.39	0.66	73.00	27.00
Y	17	6.35	2.03	3.00	11.00	7.00
Ga	17	2.43	1.22	1.33	5.00	2.00
Li	17	18.35	5.48	12.00	32.00	17.00
Nb	17	1.72	1.35	0.66	4.00	1.00
Sc	17	3.49	0.65	3.33	6.00	3.33
Ta	17	6.66	0.00	6.66	6.66	6.66
Ti	17	0.02	0.03	0.01	0.12	0.01
Zr	17	1.15	0.82	0.66	3.00	0.66
As	17	21.15	9.27	4.00	33.50	22.10
Sb	17	1.46	0.57	1.26	3.20	1.26
Hg	17	0.06	0.05	0.03	0.23	0.05

5.4.5.4 La Unidad Tomebamba tiene dos áreas que abarcan 71 estaciones de muestreo dentro del área mapeada (Tabla 15). Prevalecen fondos bajos con respecto a Cu (0.5), Ni (0.5), Cr (0.5) y V (0.6), con concentraciones relativamente altas de Pb (2) y As (1.8). La distribución acumulada de Au (Fig. 30) muestra una inflexión en 80 µg/kg. Se registran valores más altos en el Río Corazón en el margen occidental del afloramiento del Valle de Cañar (ref. 703952-9720295), donde la mineralización polimetálica en el contacto con una intrusión menor de granodiorita produce 474 µg/kg de Au, 2.3 mg/kg de Ag, 170 mg/kg de Pb, 441 mg/kg de Zn, 10 mg/kg de Bi y 44 mg/kg de As. Numerosas unidades intrusivas riolíticas afloran de 1 a 2 km aguas arriba de esta anomalía en una zona de andesitas piritizadas intensamente alteradas. En la cuenca de la Quebrada Osoyacu (ref. 709525-9723086) se registra un valor de 416 µg/kg de Au en sedimentos, 1 km aguas abajo de trabajos artesanales menores.

Un valor umbral de As de 52 mg/kg corresponde al percentil 86 en la población de la Unidad Tomebamba. Se registran varios valores más altos en el sistema del Río Tomebamba que fluye hacia el sureste (por ejemplo, refs. 707398-9687921; 705975-9869591; 709559-9686519; 715765-968437; 714866-968362) hasta un máximo de 255 mg/kg de As con enriquecimiento coincidente de Sb hasta 14 mg/kg. Gran parte de la cuenca está compuesta por tobas andesíticas parcialmente alteradas que en algunos lugares contienen pirita diseminada. La distribución acumulada para Pb indica un valor umbral de aproximadamente 40 mg/kg para la Unidad Tomebamba. Además de la anomalía del Río Corazón descrita anteriormente, se observa una modesta anomalía de 89 mg/kg de Pb coincidente con 511 mg/kg de Zn, 2.8 mg/kg de Ag, 49 mg/kg de As, 17 mg/kg de Sb y 0.3 mg/kg de Hg en una zona de tobas silicificadas sulfídicas en el extremo oriental del afloramiento del Valle de Cañar (Río de Raura; ref. 714822-9721513).

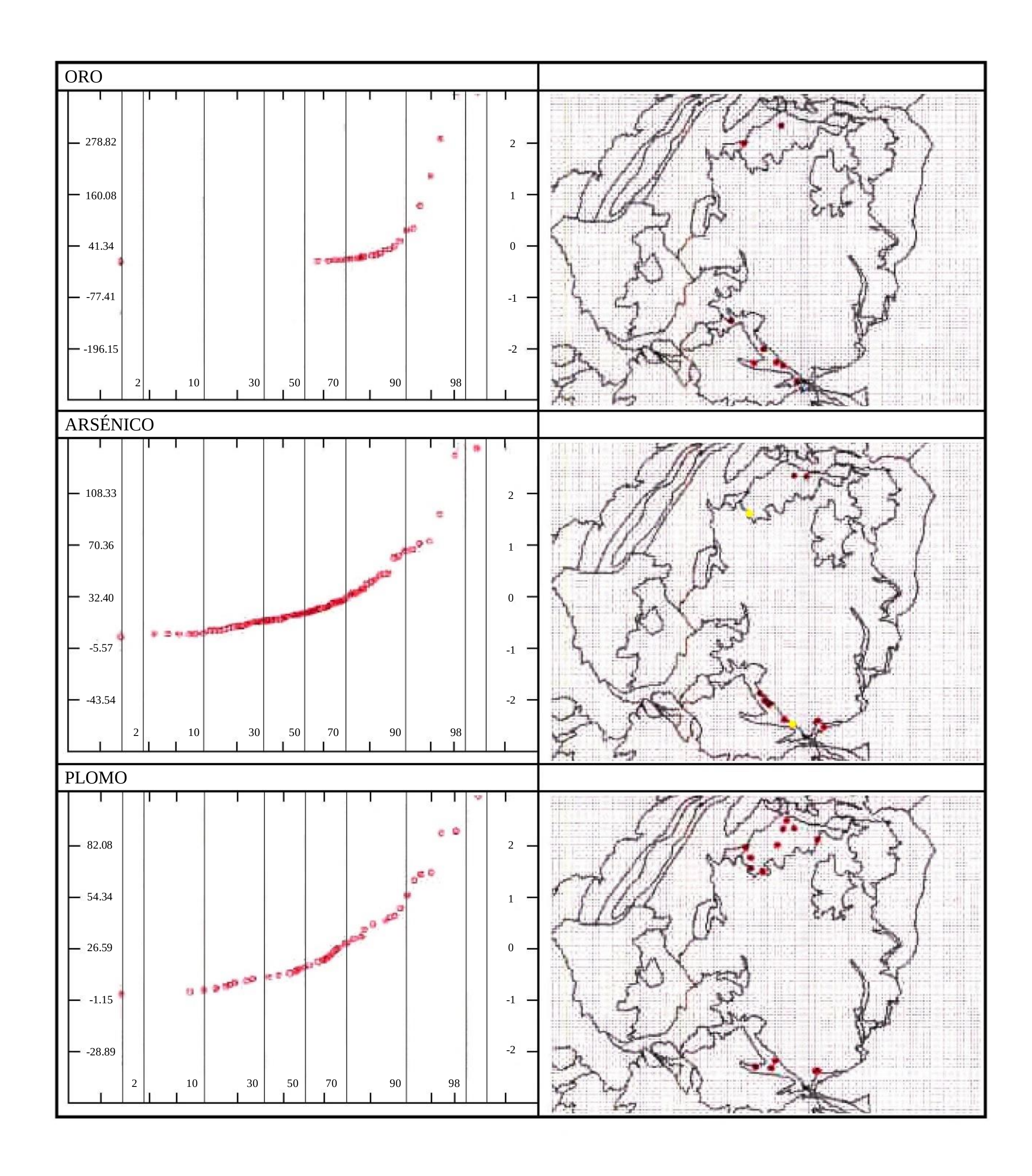


Figura 30. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizadas litológicamente para Au, As y Pb en las Tobas Tomebamba. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para las muestras de Tomebamba. La codificación por colores de los puntos individuales refleja su clase percentil dentro de la población para toda el área de 2°-3°S (ver Figs 7-22).

Tabla 15. Unidad Tomebamba. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	71	41.34	118.74	3.33	739.00	3.33
Ag	71	0.71	0.32	0.66	2.80	0.66
Cu	71	25.90	33.82	3.00	197.50	17.00
Pb	71	26.59	27.74	2.66	170.00	17.00
Zn	71	124.20	105.47	11.00	643.00	90.00
Mo	71	1.98	1.36	0.90	8.00	1.83
Ni	71	9.88	5.49	2.20	25.00	9.00
Co	71	11.80	5.17	1.73	32.00	11.50
Cd	71	0.78	1.12	0.46	7.40	0.46
Bi	71	4.18	0.85	4.00	10.00	4.00
Fe	71	3.77	1.42	0.61	8.85	3.62
Mn	71	877.30	452.21	129.00	2590.00	763.00
Te	71	6.66	NA	6.66	6.66	6.66
Ba	71	116.99	58.15	13.00	311.00	100.00
Cr	71	23.13	17.04	2.46	106.00	18.00
V	71	74.27	47.70	16.00	291.00	62.00
Sn	71	13.33	NA	13.33	13.33	13.33
W	71	13.33	NA	13.33	13.33	13.33
La	71	10.01	5.24	0.66	24.00	10.00
Al	71	2.00	0.63	0.19	3.91	2.03
Mg	71	0.67	0.22	0.06	1.22	0.66
Ca	71	0.79	1.10	0.06	9.11	0.56
Na	71	0.02	0.01	0.01	0.08	0.02
K	71	0.09	0.04	0.02	0.25	0.08
Sr	71	26.54	20.12	0.66	86.00	25.00
Y	71	6.39	2.09	0.66	11.00	6.00
Ga	71	4.62	2.94	1.33	14.00	4.00
Li	71	21.26	9.85	2.00	51.00	21.00
Nb	71	1.69	1.81	0.66	8.00	0.66
Sc	71	3.76	1.10	3.33	8.00	3.33
Ta	71	6.66	NA	6.66	6.66	6.66
Ti	71	0.07	0.04	0.01	0.24	0.07
Zr	71	2.85	2.57	0.66	13.00	2.00
As	71	32.40	37.97	2.66	255.70	20.40
Sb	71	2.28	2.51	1.26	17.00	1.26
Hg	71	0.05	0.05	0.03	0.30	0.03

5.4.5.5 La Formación Chanlud tiene el conjunto más grande del Grupo Saraguro, abarcando 213 estaciones de muestreo. Aunque predominantemente andesítica, las estadísticas resumidas para la unidad (Tabla 16) se ven influenciadas por una zona sustancial de lavas más ácidas (dacíticas a riodacíticas) en las partes superiores de la Formación al sur del Río Tomebamba. Este contraste litogeoquímico interno se destaca por las grillas IDW del área 2°-3°S del PICG (Figs. 7-22), mostrando en la Chanlud meridional un enriquecimiento relativo en Ba y una disminución en Cr y Cu. La distribución acumulada de Au (Fig. 31) indica un umbral aproximado de 59 µg/kg (percentil 93). Se evidencia la superación de este umbral a lo largo de una sección de 10 km del Río Chulco y sus tributarios de la cabecera, con cinco valores de Au en el rango de 86-300 µg/kg. El tributario Q. Chanludpungo (ref. 714215-9698657) muestra un enriquecimiento coincidente de Ag (2.7 mg/kg), Zn (400 mg/kg) y Pb (93 mg/kg). Un umbral de As de 65 mg/kg es superado de manera esporádica en todo el afloramiento de la Formación Chanlud, alcanzando un máximo de 527 mg/kg, pero estas anomalías generalmente no están relacionadas con evidencia independiente de mineralización. Excepciones ocurren en el valle superior del Río Corazón, donde cinco valores anómalos de As muestran un enriquecimiento coincidente de Pb y Zn. Este enriquecimiento de Pb-Zn forma parte de una característica más grande que se extiende también hacia el este a lo largo del Río Machángara. En el sur del tramo de Chanlud, un valor de 136 mg/kg de As está acompañado de un enriquecimiento anómalo de Sb (9.9 mg/kg), Bi (8 mg/kg) y Hg (0.561 mg/kg) cerca del contacto con un pequeño afloramiento de la Formación Plancharumi.

Se ha confirmado una intensa anomalía de Hg de 36.7 mg/kg en las cabeceras del Río Patamarca (ref. 716310-9690325) mediante el análisis de tres submuestras independientes de sedimentos. Esta característica ocurre de manera independiente de cualquier otro metal o metaloide en una zona dominada por andesitas no alteradas.

La falta de respuesta geoquímica a la mineralización en Cerro Alumbre (ref. 712500-9797200) es una característica significativa de los datos para la Formación Chanlud. Esto consiste en una gran zona de brechas de andesita intensamente silicificadas con abundantes sulfuros y óxidos de hierro, flanqueada en el bajo terreno al sur de la montaña por una extensa área de pantano rica en precipitados coloidales ferruginosos. La mineralización es drenada por la Quebrada de Cebadas, Quebrada Luchicarrumi y el Río Machángara. Cinco muestras de estos sistemas no arrojan valores de Au por encima del límite de detección analítica y tienen concentraciones sub-umbral de metaloides y metales base.

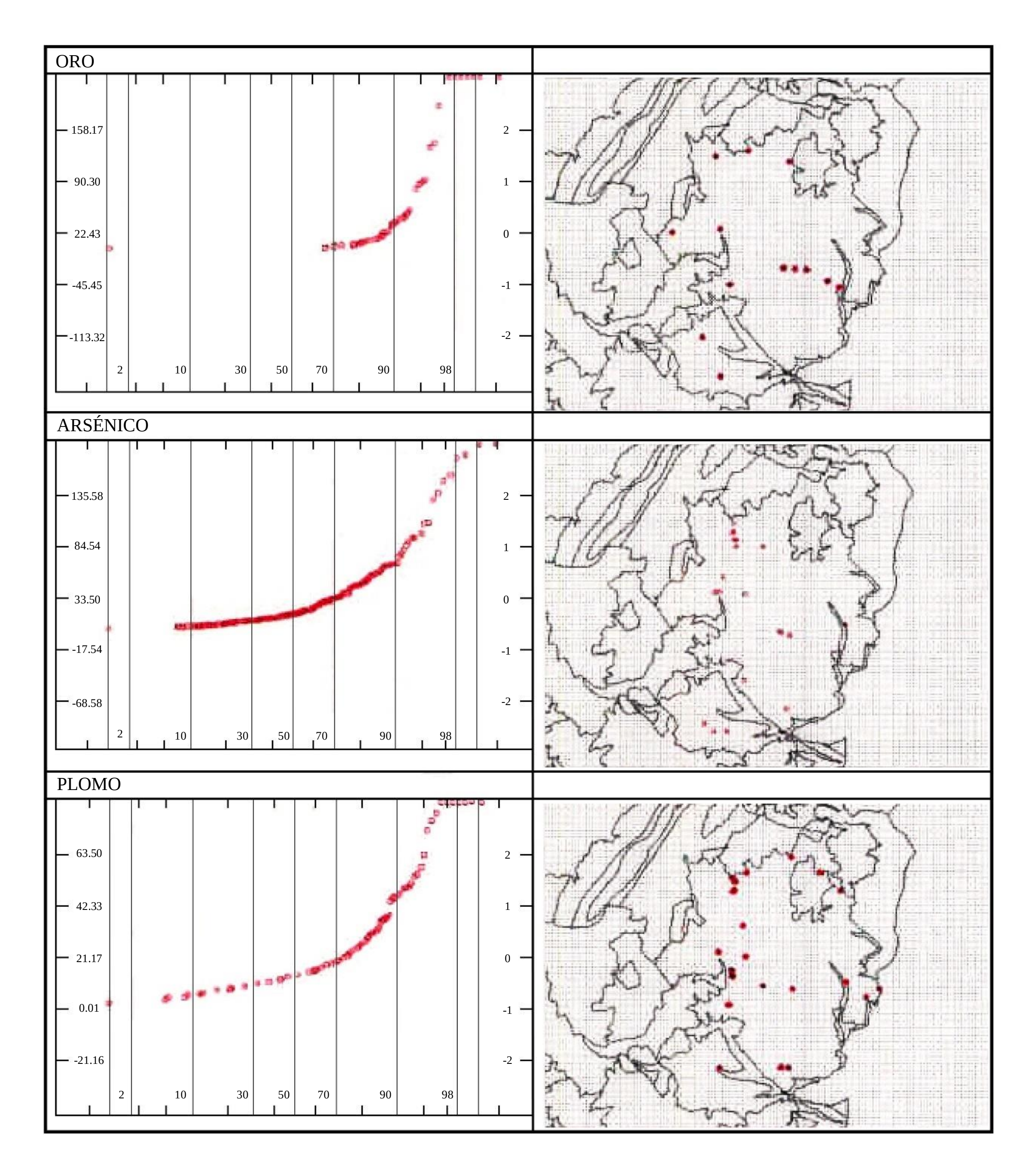


Figura 31. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizadas litológicamente para Au, As y Pb en la Formación Chanlud. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para las muestras de la Formación Chanlud. La codificación por colores de los puntos individuales refleja su clase percentil dentro de la población para toda el área de 2°-3°S (ver Figs 7-22).

Tabla 16. Formación Chanlud. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	213	22.43	67.87	3.33	522.00	3.33
Ag	213	0.72	0.33	0.66	3.95	0.66
Cu	213	20.83	16.97	3.00	165.00	17.00
Pb	213	21.17	21.16	2.66	110.50	14.00
Zn	213	136.90	117.26	22.00	622.00	93.00
Mo	213	2.26	1.70	0.90	11.00	2.00
Ni	213	9.90	5.10	2.20	39.00	10.00
Co	213	12.40	5.30	3.00	45.00	12.00
Cd	213	0.94	1.11	0.46	9.60	0.46
Bi	213	4.49	1.44	4.00	11.00	4.00
Fe	213	3.91	1.25	1.19	10.00	3.86
Mn	213	1506.45	1885.69	80.00	18661.00	954.00
Te	213	6.83	2.49	6.66	43.00	6.66
Ba	213	132.57	107.35	11.00	1037.00	106.00
Cr	213	18.81	10.30	2.46	81.00	16.00
V	213	68.46	29.47	12.00	189.00	63.00
Sn	213	13.33	0.00	13.33	13.33	13.33
W	213	13.40	0.75	13.33	22.00	13.33
La	213	10.79	4.54	0.66	28.00	11.00
Al	213	2.21	0.68	0.92	4.13	2.16
Mg	213	0.66	0.28	0.03	1.67	0.64
Ca	213	0.70	0.38	0.01	2.20	0.61
Na	213	0.03	0.03	0.01	0.19	0.02
K	213	0.08	0.03	0.02	0.28	0.07
Sr	213	32.52	25.48	-1.00	156.00	29.00
Y	213	6.89	2.89	1.00	22.00	6.00
Ga	213	4.79	3.29	1.33	24.00	4.00
Li	213	20.18	10.25	0.80	66.00	19.00
Nb	213	1.93	2.05	0.66	10.00	1.00
Sc	213	4.23	1.54	3.33	10.00	3.33
Ta	213	6.92	3.79	6.66	62.00	6.66
Ti	213	0.07	0.05	0.01	0.29	0.07
Zr	213	3.04	2.49	0.66	16.00	2.00
As	213	33.50	51.04	2.66	527.30	17.80
Sb	213	1.83	1.14	1.26	9.90	1.26
Hg	213	0.24	2.51	0.03	36.72	0.05

5.4.5.6 La Formación Río Blanco está representada por 38 estaciones de muestreo. Las estadísticas resumidas (Tabla 17) muestran que las concentraciones de los elementos más analizados se encuentran cerca del promedio regional para toda el área. Excepciones notables incluyen Pb (1.8) y As (1.5), cuyos fondos son relativamente altos.

La distribución de frecuencia acumulada para Au (Fig. 32) indica un umbral de aproximadamente 60 µg/kg para la Formación Río Blanco (percentil 90). Valores más altos ocurren en la cuenca del Río Migsihuigsi (ref. 680306-9685523) cerca del prospecto Llano Largo cerca del Río Blanco, donde se registra un valor de 940 µg/kg de Au, coincidente con 1.65 mg/kg de Ag, 15.05 mg/kg de Sb y 197 mg/kg de As. Este río sigue una de las dos fallas de tendencia noreste que confinan la mineralización, la cual, a su vez, se concentra dentro de zonas de cizallamiento secundario de Reidel. Se encuentran anomalías adicionales en el rango de 80-100 µg/kg de Au en el Río Chorro y tributarios asociados (por ejemplo, ref. 681918-9688161) cerca de un contacto intrusivo altamente silicificado. El umbral de As para la Formación Río Blanco es de aproximadamente 57 mg/kg (percentil 87). Además de la anomalía Au-As del Río Migsihuigsi, se registra un valor adicional de 142 mg/kg en el drenaje al sureste del prospecto Llano Largo.

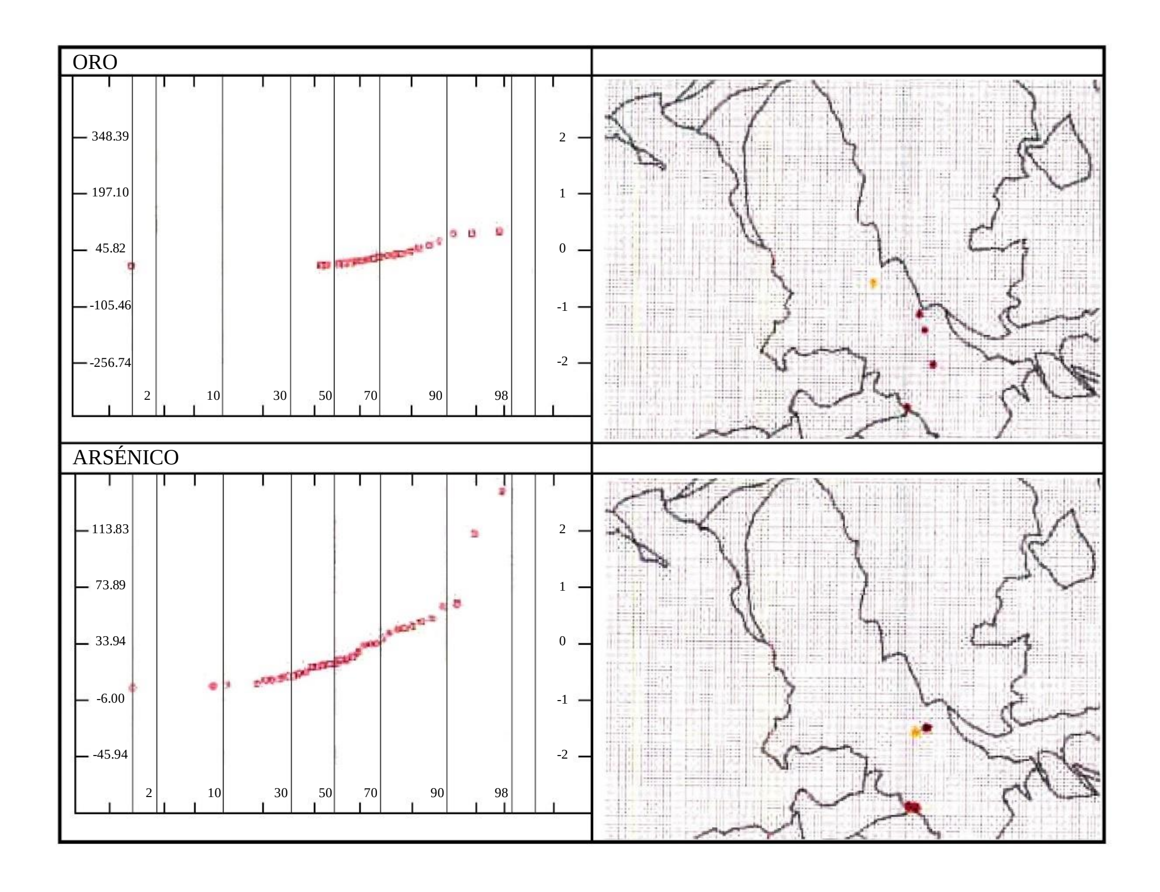


Figura 32. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizadas litológicamente para Au y As en la Formación Río Blanco. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para muestras de la Formación Río Blanco. La codificación por colores de los puntos individuales refleja su clase percentil dentro de la población para toda el área de 2°-3°S (ver Figs 7-22).

Tabla 17. Formación Río Blanco. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	38	45.82	151.28	3.33	940	8
Ag	38	0.68	0.160	0.66	1.65	0.66
Cu	38	37.65	19.65	8	102	36.5
Pb	38	23.07	21.83	7	132	17
Zn	38	97.76	44.04	24	245	87
Mo	38	1.95	1.57	0.9	7	0.9
Ni	38	13.72	6.19	4	33	13.5
Co	38	17.21	6.70	5	48	17
Cd	38	0.67	0.47	0.46	3.1	0.46
Bi	38	4.47	1.48	4	11	4
Fe	38	4.51	1.48	1.42	8.1	4.5425
Mn	38	844.97	366.29	250	2231	781.5
Te	38	6.66	2.60	6.66	6.66	6.66
Ba	38	91.25	33.31	42	212	84
Cr	38	34.97	16.16	6	66	36.5
V	38	94.51	37.71	38	174	91
Sn	38	13.76	1.85	13.33	22	13.33
W	38	13.33	4.15	13.33	13.33	13.33
La	38	8.13	6.13	0.66	36	6
Al	38	3.19	0.92	1.23	6.27	3.155
Mg	38	0.99	0.36	0.13	1.63	1.08
Ca	38	0.53	0.22	0.14	1.15	0.49
Na	38	0.02	0.01	0.007	0.05	0.02
K	38	0.07	0.06	0.007	0.32	0.06
Sr	38	33.92	23.85	-1	102	32
Y	38	6.18	2.32	2	12	6
Ga	38	5.71	3.72	1.33	20	5
Li	38	22.48	8.90	6	44	23
Nb	38	2.28	2.92	0.66	11	0.66
Sc	38	6.58	2.87	3.33	12	7
Ta	38	6.66	2.6	6.66	6.66	6.66
Ti	38	0.08	0.03	0.01	0.135	0.08
Zr	38	2.71	2.55	0.66	11	2
As	38	33.94	39.94	2.66	197.15	20.525
Sb	38	2.75	2.59	1.26	15.05	1.26
Hg	38	0.05	0.04	0.026	0.256	0.043

5.4.5.7 La Formación Soldados tiene un polígono que abarca 39 estaciones de muestreo (Tabla 18). Las tobas predominantemente dacíticas producen fondos bajos para elementos de afinidad máfica, con la excepción de Zn (1.6), que está enriquecido en zonas discretas de mineralización polimetálica. Prevalecen fondos altos para As, Pb y Hg en sectores sustanciales del afloramiento. La distribución de probabilidad acumulada para Au (Fig. 33) es inusual, mostrando una serie de valores atípicamente anómalos por encima del percentil 72 (50 µg/kg). La zona más notable de enriquecimiento se encuentra en el sistema superior del Río Angas, especialmente en el tributario Quebrada Chaupiurcu (ref. 687569-9681415). Aquí, se indica mineralización polimetálica aurífera con 100 µg/kg de Au, 503 mg/kg de Cu, 2.5 mg/kg de Ag, 148 mg/kg de Pb, 174 mg/kg de Zn, 10.5 mg/kg de Bi, 286 mg/kg de As, 32.2 mg/kg de Sb y 0.305 mg/kg de Hg. En puntos de muestra aproximadamente a 200 m y 1.5 km aguas abajo de la confluencia de Q. Chaupiurcu con el Río Angas, se registran valores de Au de 82 µg/kg y 334 µg/kg con un enriquecimiento coincidente de Cd a 24.5 mg/kg, Pb a 74 mg/kg, Zn a 364 mg/kg, As a 74 mg/kg y Sb a 11.8 mg/kg. Se registran anomalías adicionales de Au de 192-379 µg/kg en el sistema del Río Soldados (refs. 695934-9679678; 695720-9678340; 697714-9671701) y en el Río Yanuncay (706 µg/kg; ref. 697247-9674830) cerca del asentamiento de Soldados. El umbral de As determinado para la Formación Soldados es de 34 mg/kg (percentil 84). Además de las anomalías de As relacionadas con Au descritas anteriormente, se registra un valor de 119 mg/kg de As en el sector norte del tramo de la Formación Soldados (ref. 694376-9682235), atribuido a la co-precipitación con óxidos de Mn hidratados (14.922 mg/kg de Mn, 10.5 mg/kg de Cd, 69 mg/kg de Co, 1519 mg/kg de Zn) en un área predominantemente mal drenada. Los valores anómalos de Cu ocurren exclusivamente en el sistema del Río Angas, y son estrechamente covariantes con Au.

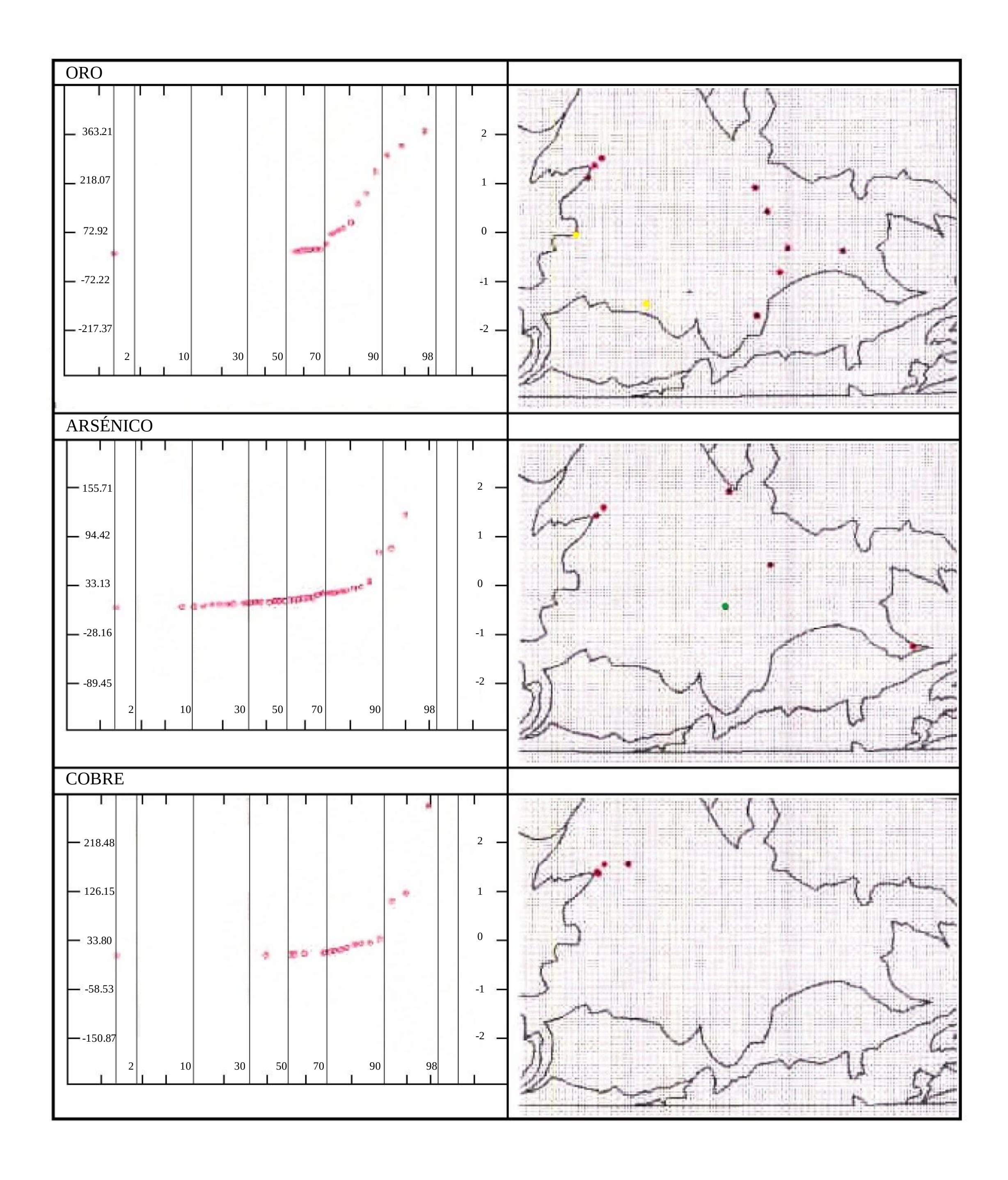


Figura 33. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizadas litológicamente para Au, As y Cu en la Formación Soldados. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para muestras de la Formación Soldados. La codificación por colores de los puntos individuales refleja su clase percentil dentro de la población para toda el área de 2°-3°S (ver Figs 7-22).

Tabla 18. Formación Soldados. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	39	72.92	145.14	3.33	706	3.33
Ag	39	0.70	0.29	0.66	2.5	0.66
Cu	39	33.80	92.33	3	503.5	6
Pb	39	19.31	27.70	2.66	148.5	12
Zn	39	158.72	285.80	3.33	1519	70
Mo	39	2.025	1.67	0.9	7.5	0.9
Ni	39	3.45	2.64	2.2	16	2.2
Co	39	9.46	13.33	1.73	69	5
Cd	39	1.23	2.20	0.46	10.5	0.46
Bi	39	4.46	1.69	4	11.665	4
Fe	39	2.54	1.61	0.29	9.11	2.12
Mn	39	1867.15	2819.00	159	14922	944
Te	39	6.66	2.68	6.66	6.66	6.66
Ba	39	168.141	114.42	10	588	135
Cr	39	6.99	4.33	2.46	18	6
V	39	39.42	22.6	9	109	34
Sn	39	13.33	4.09	13.33	13.33	13.33
W	39	13.33	4.09	13.33	13.33	13.33
La	39	9.64	4.38	0.66	19	10
Al	39	1.72	0.73	0.15	3.53	1.48
Mg	39	0.29	0.15	0.04	0.73	0.27
Ca	39	0.44	0.22	0.07	1.05	0.4
Na	39	0.02	0.01	0.007	0.05	0.02
K	39	0.073	0.03	0.007	0.13	0.07
Sr	39	33.08	32.40	-1	142	25
Y	39	5.61	2.53	0.66	12	5
Ga	39	3.97	4.25	1.33	24.665	2.665
Li	39	14.21	6.69	2	29	15
Nb	39	1.66	1.68	0.66	7	0.66
Sc	39	3.42	0.58	3.33	7	3.33
Ta	39	6.66	2.68	6.66	6.66	6.66
Ti	39	0.05	0.05	0.007	0.19	0.04
Zr	39	1.91	1.68	0.66	7	1
As	39	33.13	61.29	2.66	286.05	12.7
Sb	39	2.39	5.18	1.26	32.2	1.26
Hg	39	0.38	1.54	0.026	9.19	0.048

5.4.5.8 La Formación Plancharumi abarca 41 estaciones de muestreo. Esta unidad predominantemente riolítica produce fondos sistemáticamente bajos con respecto a Cu (0.2), Ni (0.2), Co (0.5), Cr (0.35), V (0.5) y Mg (0.4). Se registra una alta concentración ambiental de Ba (1.8). La gráfica de probabilidad acumulada para Au (Fig. 34) indica un alto umbral de aproximadamente 75 µg/kg (percentil 90). Los valores que exceden este umbral ocurren principalmente en los sistemas del Río Yanuncay y sus tributarios que ingresan desde el norte y oeste. El más notable es el Río Quingoyacu, en el cual se registra un máximo de 1582 µg/kg de Au (ref. 691264-9669294). Varias anomalías de Au sobre rocas de la Formación Soldados al norte del Cerro Plancharumi pueden tener su origen en la Formación Plancharumi, especialmente aquellas en el Río Yanuncay en las referencias 697247-9674893 (706 µg/kg) y 700723-9676008 (161 µg/kg). Se ha observado Au libre (grueso) con una morfología característica de procedencia local en concentrados de minerales pesados de la Q. Chanchán (ref. 702700-9672200). Se reportan concentraciones sub-detectables de Au en fracciones de sedimentos de 80 BSI para el mismo drenaje.

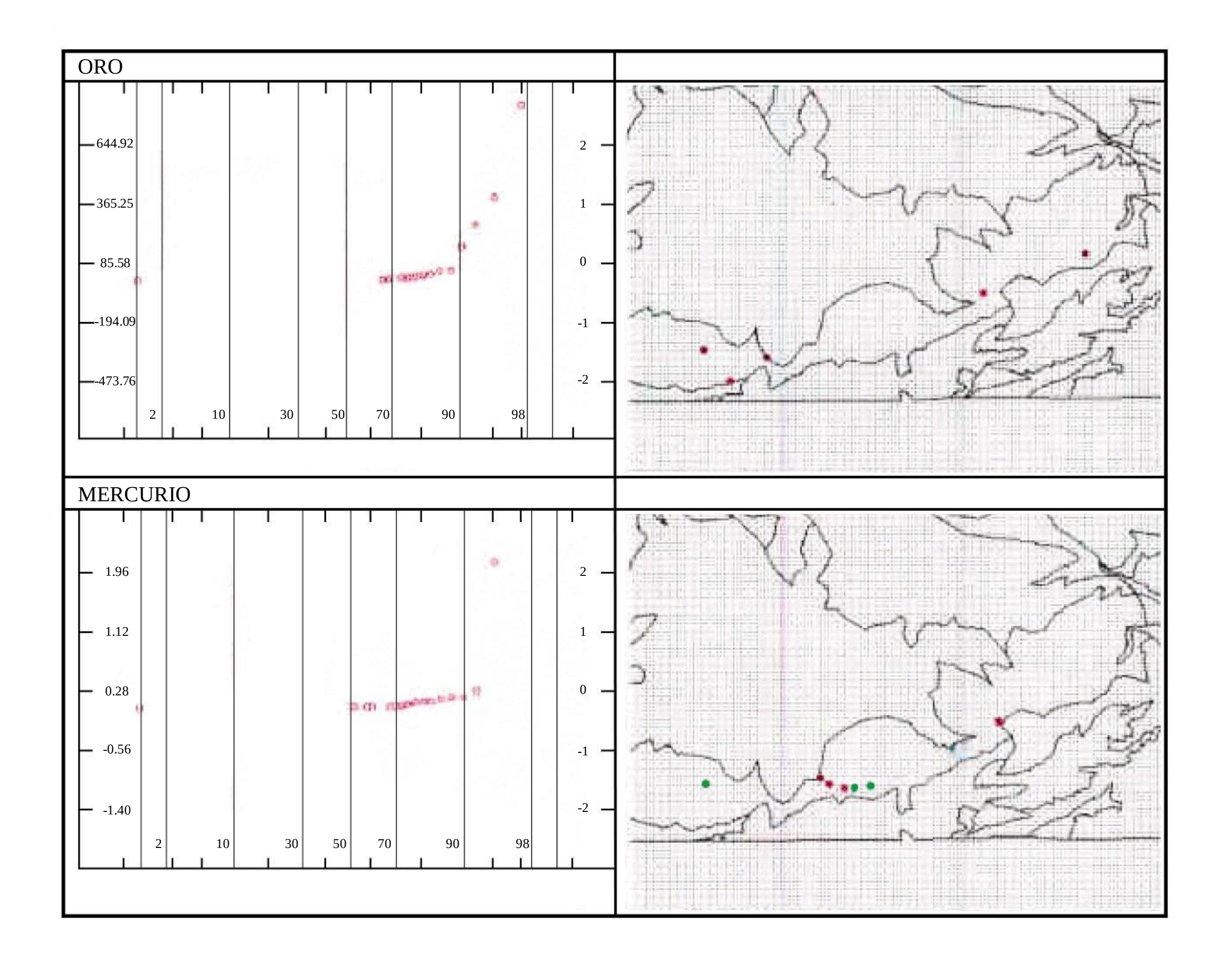


Figura 34. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizadas litológicamente para Au y Hg en la Formación Plancharumi. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para muestras de la Formación Plancharumi. La codificación por colores de los puntos individuales refleja su clase percentil dentro de la población para toda el área de 2°-3°S (ver Figs 7-22).

Tabla 19. Formación Plancharumi. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	41	85.58	279.67	3.33	1582.00	3.33
Ag	41	0.66	NA	0.66	0.66	0.66
Cu	41	10.60	8.48	3.00	38.00	8.00
Pb	41	16.94	13.06	5.00	72.00	13.00
Zn	41	83.82	35.75	36.00	207.00	74.00
Mo	41	1.32	0.87	0.90	4.00	0.90
Ni	41	4.14	2.23	2.20	9.00	4.00
Co	41	8.70	3.42	1.73	18.00	9.00
Cd	41	0.53	0.24	0.46	1.60	0.46
Bi	41	4.17	0.77	4.00	8.00	4.00
Fe	41	2.81	1.07	0.92	5.30	2.82
Mn	41	1134.96	894.62	401.00	4638.00	873.00
Te	41	6.66	NA	6.66	6.66	6.66
Ba	41	207.85	117.63	77.00	595.00	173.00
Cr	41	12.02	10.64	2.46	50.00	9.00
V	41	63.84	42.02	12.00	191.00	56.00
Sn	41	13.33	NA	13.33	13.33	13.33
W	41	13.33	NA	13.33	13.33	13.33
La	41	10.72	5.53	0.66	25.00	11.00
Al	41	2.08	0.82	0.80	5.33	1.97
Mg	41	0.30	0.20	0.05	0.79	0.24
Ca	41	0.38	0.18	0.12	1.14	0.35
Na	41	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02
K	41	0.08	0.04	0.01	0.18	0.08
Sr	41	52.08	34.79	0.66	160.00	40.00
Y	41	5.38	2.09	1.00	12.00	5.00
Ga	41	4.75	4.27	1.33	25.00	4.00
Li	41	11.18	5.99	4.00	24.00	10.00
Nb	41	2.07	2.64	0.66	15.00	0.66
Sc	41	3.61	0.77	3.33	6.00	3.33
Ta	41	6.66	NA	6.66	6.66	6.66
Ti	41	0.08	0.06	0.01	0.24	0.06
Zr	41	3.10	2.01	0.66	9.00	3.00
As	41	33.34	71.79	2.66	458.10	16.30
Sb	41	2.49	4.71	1.26	31.40	1.26
Hg	41	0.28	0.84	0.03	4.02	0.04

Una zona de notable enriquecimiento de Hg se encuentra en los drenajes que rodean el macizo del Cerro Plancharumi, incluyendo un sector del Río Yanuncay al norte, Río Bermejos al suroeste y Q. Trigo Loma al sur (refs. 696848-9671207; 697752-9670943). Aquí se encuentran varios valores de 0.18-19.0 mg/kg de Hg, lo que sugiere una mayor prospectividad para mineralización epitermal. La correlación espacial con Au es extremadamente pobre. Las muestras con anomalías en Hg (y Au) presentan una característica ausencia de enriquecimiento en metaloides u otros metales base/preciosos, posiblemente indicativa de una fuente de baja sulfuración, con la excepción de una muestra del Río Yanuncay que arrojó 4.023 mg/kg con 458 mg/kg de As y 31 mg/kg de Sb (ref. 706571-9674615, varios km al oeste del Cerro Plancharumi). Se observan anomalías significativas de As sobre la Formación Plancharumi en Q. Chanchán (136 mg/kg con 4 mg/kg de Sb en ref. 702930-9672366) y aguas abajo cerca del contacto Formación Plancharumi-Soldados (262 mg/kg en ref. 704295-9673820). Estos valores, junto con la observación de partículas de Au, podrían definir una prioridad para un reconocimiento adicional.

5.4.5.9 La Unidad Puñay con sus rocas andesíticas incorpora 68 estaciones de muestreo (Tabla 20). Los valores para la mayoría de los elementos mayores y traza dentro del área de estudio son similares al fondo regional, con la notable excepción de Sr, que está considerablemente enriquecido (1.9). La prospectividad de la secuencia es limitada. La gráfica de probabilidad acumulada para Au (Fig. 35) indica un umbral en el percentil 96 de solo 11.3 µg/kg. Se registran valores más altos en tres localidades, con un máximo de 95 µg/kg (sin indicación coincidente de mineralización) en la referencia 730553-9750084. Un umbral de As en el percentil 88 corresponde a una concentración de 8.3 mg/kg, con solo un valor registrado por encima de 20 mg/kg. No se registran valores de base-metálicos fuertemente anómalos dentro del afloramiento.

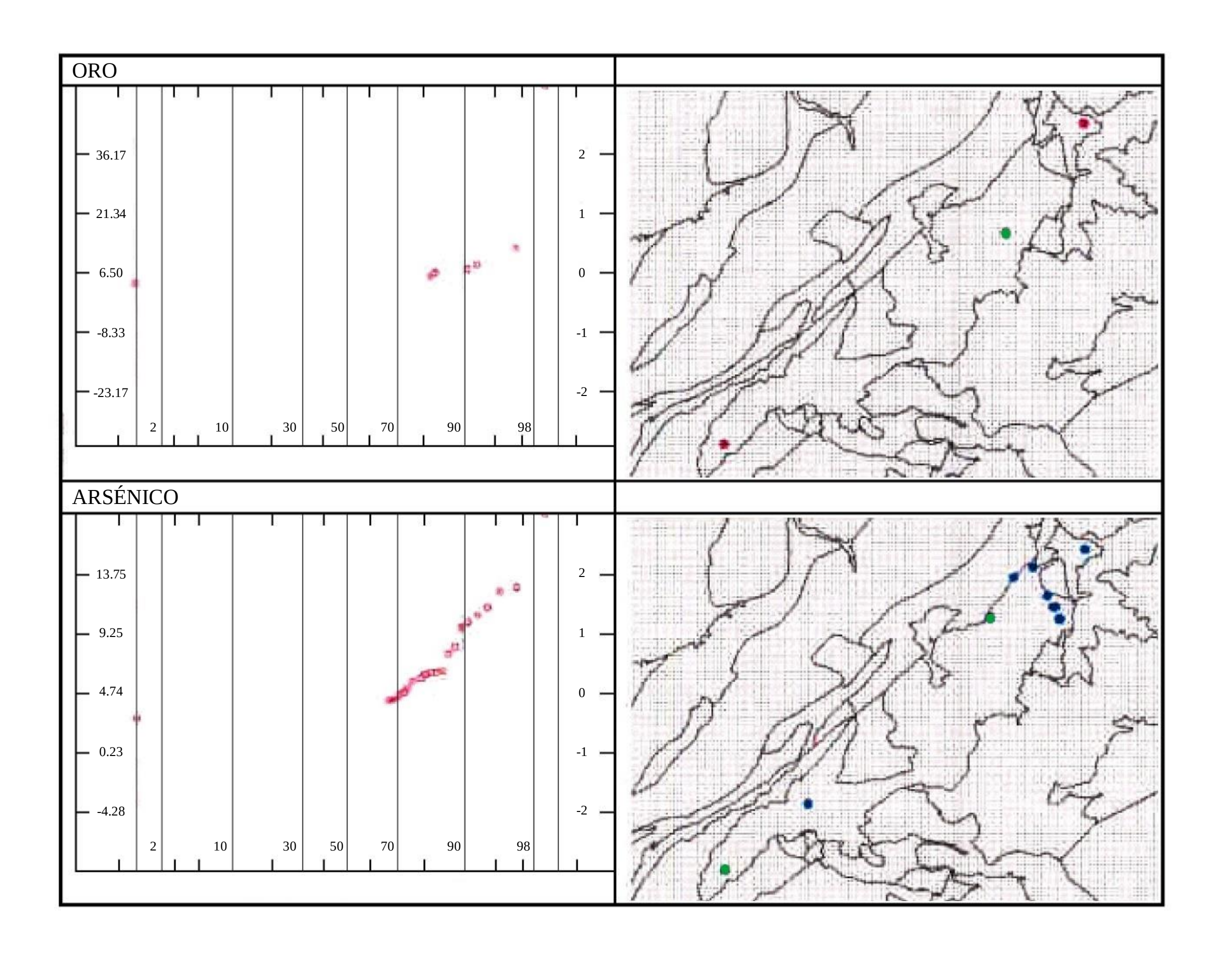


Figura 35. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizadas litológicamente para Au y As en la Unidad Puñay. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para muestras de la Unidad Puñay. La codificación por colores de los puntos individuales refleja su clase percentil dentro de la población para toda el área de 2°-3°S (ver Figs 7-22).

Tabla 20. Unidad Puñay. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	68	6.50	14.84	3.33	95.00	3.33
Ag	68	0.66	NA	0.66	0.66	0.66
Cu	68	26.05	8.60	9.00	62.00	26.00
Pb	68	5.76	4.47	2.66	32.00	4.42
Zn	68	93.23	44.70	38.00	252.00	81.50
Mo	68	1.77	1.23	0.90	6.00	0.90
Ni	68	13.87	5.88	2.20	28.00	14.00
Co	68	13.71	3.96	6.00	28.00	13.00
Cd	68	0.48	0.17	0.46	1.80	0.46
Bi	68	4.36	1.50	4.00	15.00	4.00
Fe	68	4.91	2.04	2.08	10.00	4.61
Mn	68	738.26	373.11	214.00	2010.00	627.50
Te	68	7.38	3.31	6.66	31.00	6.66
Ba	68	119.79	38.46	63.00	266.00	111.00
Cr	68	35.35	17.70	4.00	93.00	33.50
V	68	166.89	76.96	51.00	437.00	165.00
Sn	68	13.54	1.22	13.33	21.00	13.33
W	68	13.33	0.00	13.33	13.33	13.33
La	68	8.51	5.59	0.66	41.00	7.00
Al	68	1.90	0.63	0.77	3.79	1.84
Mg	68	0.64	0.20	0.26	1.29	0.63
Ca	68	0.72	0.23	0.35	1.43	0.73
Na	68	0.08	0.03	0.02	0.17	0.08
K	68	0.07	0.03	0.02	0.20	0.06
Sr	68	75.23	43.75	-1.00	181.00	78.50
Y	68	4.13	1.55	2.00	9.00	4.00
Ga	68	4.27	3.11	1.33	12.00	3.00
Li	68	5.61	2.97	0.80	16.00	5.00
Nb	68	2.34	3.14	0.66	17.00	0.66
Sc	68	3.82	1.22	3.33	8.00	3.33
Ta	68	7.17	3.71	6.66	37.00	6.66
Ti	68	0.17	0.10	0.01	0.60	0.15
Zr	68	7.97	3.35	0.66	23.00	8.00
As	68	4.74	4.51	2.66	30.50	2.66
Sb	68	1.29	0.17	1.26	2.40	1.26
Hg	68	0.03	0.02	0.03	0.12	0.03

5.4.5.10 EL Grupo Saraguro Indiferenciado está representado por 65 muestras de sedimentos fluviales (Tabla 21). Las afinidades geoquímicas con las facies riolíticas o dacíticas dentro del Grupo (y sus derivados retrabajados o sedimentarios) son indicados por bajos fondos con respecto a Ni, Cr, V y Co. Un umbral relativamente alto de Au de aproximadamente 80 µg/kg (percentil 90) se ha derivado de los datos de probabilidad acumulada (Fig. 36). Las anomalías ocurren principalmente en un sector al este del batolito Chaucha. Se registra un valor de 295 µg/kg cerca del contacto con esta intrusión en el alto Río San Antonio, 1 km al norte del asentamiento de Chaucha (ref. 677926-9681110). En el Río Jérez, se indica posible mineralización en *splays* dilatantes o estructuras transversales relacionadas con la Falla Ñag, con valores de Au de hasta 108 µg/kg (ref. 683779-9682100). El Río Angas y sus afluentes muestran anomalías de hasta 153 µg/kg de Au con un enriquecimiento correspondiente de Cu (hasta 180 mg/kg), Pb (hasta 140 mg/kg), Zn (hasta 1241 mg/kg) y Sb (hasta 9.3 mg/kg). Estas anomalías se encuentran cerca del contacto con la Formación Soldados (por ejemplo, 686109, 9680317; 684838-9679219), que alberga mineralización de Au-Cu dentro del mismo drenaje (sección 5.4.5.7 arriba). El enriquecimiento coincidente de As con Au es ampliamente evidente en el sector este del afloramiento del Grupo Saraguro indiferenciado, notablemente en el Río Jérez (por ejemplo, ref. 680022-9679023), Río Chaucha (por ejemplo, refs. 668377-9679884; 669321-9676929) e inmediatamente al sur del prospecto de Llano Largo (por ejemplo, 681028-9684597).

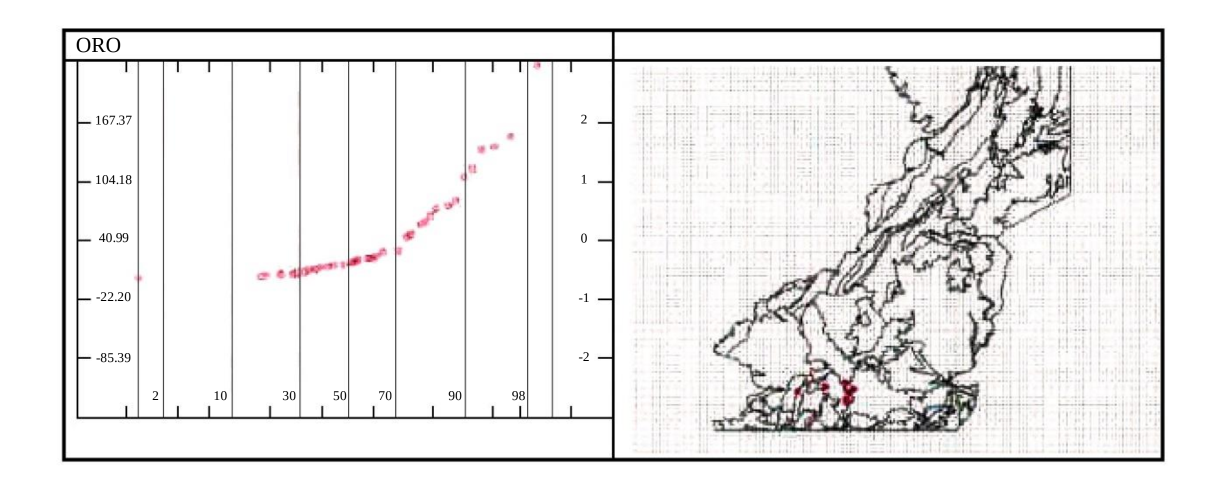


Figura 36. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizadas litológicamente para Au en el Grupo Saraguro indiferenciado. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para muestras del Grupo Saraguro indiferenciado. La codificación por colores de los puntos individuales refleja su clase percentil dentro de la población para toda el área de 2°-3°S (ver Figs 7-22).

Tabla 21. Grupo Saraguro indiferenciado. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	65	40.99	63.19	3.33	363.00	18.00
Ag	65	0.69	0.19	0.66	1.85	0.66
Cu	65	54.08	70.06	5.00	406.00	34.00
Pb	65	21.75	22.35	2.66	146.00	18.00
Zn	65	151.97	194.08	27.00	1241.00	80.00
Mo	65	2.28	1.99	0.90	11.00	1.50
Ni	65	13.63	30.33	2.20	240.00	6.00
Co	65	11.80	8.05	1.73	45.00	9.00
Cd	65	0.88	1.08	0.46	7.20	0.46
Bi	65	4.20	0.81	4.00	8.00	4.00
Fe	65	3.72	1.38	1.72	7.89	3.56
Mn	65	833.33	683.26	223.00	4323.50	628.00
Te	65	6.73	0.54	6.66	11.00	6.66
Ba	65	95.07	46.08	23.00	346.00	89.00
Cr	65	30.58	35.00	2.46	218.00	16.00
V	65	84.88	60.79	14.50	264.00	56.00
Sn	65	13.33	0.00	13.33	13.33	13.33
W	65	13.33	0.00	13.33	13.33	13.33
La	65	7.67	4.59	0.66	23.50	7.00
Al	65	2.14	0.91	0.89	4.47	1.96
Mg	65	0.67	0.37	0.17	2.67	0.60
Ca	65	0.57	0.28	0.05	1.27	0.53
Na	65	0.03	0.03	0.01	0.14	0.02
K	65	0.13	0.09	0.01	0.47	0.10
Sr	65	34.26	26.69	-1.00	116.00	30.00
Y	65	6.88	4.20	2.00	26.00	5.00
Ga	65	3.96	3.09	1.33	14.00	3.00
Li	65	13.88	7.19	3.00	33.00	13.00
Nb	65	2.49	2.93	0.66	19.00	1.33
Sc	65	4.30	3.04	3.33	25.00	3.33
Ta	65	6.77	0.91	6.66	14.00	6.66
Ti	65	0.09	0.06	0.01	0.27	0.07
Zr	65	1.90	2.16	0.66	10.00	0.66
As	65	27.63	22.79	2.66	93.35	23.50
Sb	65	2.13	2.06	1.26	13.60	1.26
Hg	65	0.04	0.02	0.03	0.13	0.04

5.4.6 Formación Cisarán

5.4.6.1 Andesitas: Los sedimentos fluviales derivados de las lavas andesíticas de la Formación Cisarán se caracterizan por bajos fondos para Li (0.35), Al (0.65) y K (0.6). Una composición poco evolucionada se indica por el notable enriquecimiento de Sr (2.0), relaciones relativamente bajas de Ba/Sr y altas relaciones de Sr/Ca (Tabla 22). La prospectividad es limitada, con la posible excepción de una zona con tendencia suroeste de andesitas caolinizadas en el Valle del Río Chanchán. Aquí se registran varios valores de Au que superan el umbral litológico (15 µg/kg, Fig. 37), generalmente en el rango de 26-28 µg/kg. Ejemplos incluyen estaciones en las quebradas con tendencia norte de Lluguillay (ref. 734116-9751039) y Chiquicay (732532-9750116). Una anomalía adicional de Au de 322 µg/kg se registra sobre andesitas Cisarán cerca del límite norte del área mapeada (732667-9777365), sin evidencia adjunta de mineralización. El umbral de As para la subunidad de andesitas Cisarán es solo de 8 mg/kg (percentil 90). Se registran valores más altos de hasta 60 mg/kg principalmente a lo largo del Río Chanchán (9 estaciones entre longitudes 730000 y 734000). No hay evidencia de mineralización de metales base dentro de la subunidad.

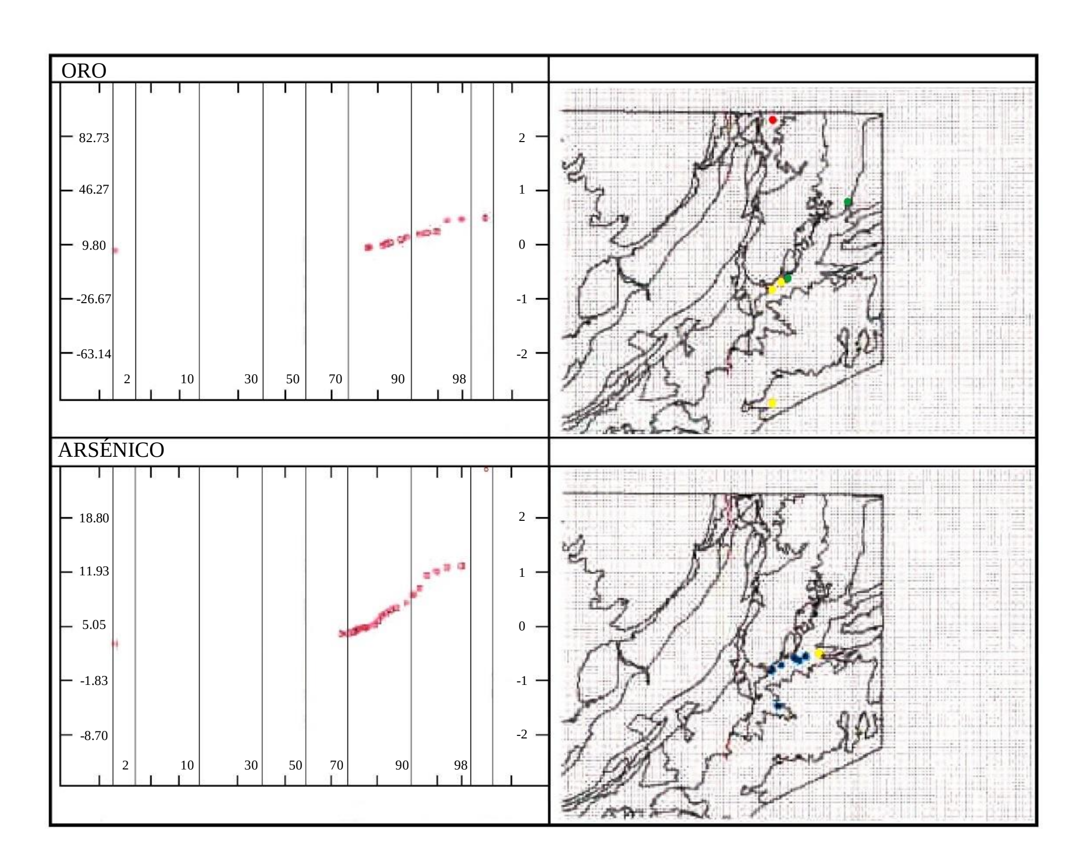


Figura 37. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizadas litológicamente para Au y As en las andesitas de la Formación Cisarán. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para muestras de andesita Cisarán. La codificación por colores de los puntos individuales refleja su clase percentil dentro de la población para toda el área de 2°-3°S (ver Figs 7-22).

Tabla 22. Andesitas Cisarán. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	77	9.80	36.47	3.33	322.00	3.33
Ag	77	0.66	NA	0.66	0.66	0.66
Cu	77	28.88	7.77	13.00	51.00	28.00
Pb	77	5.33	3.79	2.66	26.00	4.00
Zn	77	60.84	21.47	27.00	118.00	59.00
Mo	77	1.44	0.97	0.90	5.00	0.90
Ni	77	24.71	10.44	2.20	61.00	24.00
Co	77	13.43	3.64	6.00	29.00	13.00
Cd	77	0.46	NA	0.46	0.46	0.46
Bi	77	4.16	0.80	4.00	9.00	4.00
Fe	77	3.17	0.96	1.58	7.52	3.09
Mn	77	563.66	602.09	247.00	5069.00	419.00
Te	77	6.66	NA	6.66	6.66	6.66
Ba	77	101.05	52.25	36.00	291.00	92.00
Cr	77	45.29	18.11	15.00	101.00	45.00
V	77	109.50	40.29	56.00	256.50	101.00
Sn	77	13.33	0.00	13.33	13.33	13.33
W	77	13.48	1.33	13.33	25.00	13.33
La	77	5.46	2.95	0.66	15.00	5.00
Al	77	1.44	0.44	0.70	3.34	1.35
Mg	77	0.66	0.31	0.11	1.52	0.64
Ca	77	0.55	0.18	0.30	1.56	0.54
Na	77	0.09	0.04	0.03	0.16	0.09
K	77	0.06	0.04	0.01	0.35	0.05
Sr	77	71.44	36.67	-1.00	163.00	80.00
Y	77	2.49	0.95	1.00	6.00	2.00
Ga	77	2.98	1.91	1.33	10.00	3.00
Li	77	4.15	2.42	0.80	13.00	3.00
Nb	77	1.87	2.68	0.66	15.00	0.66
Sc	77	3.33	NA	3.33	3.33	3.33
Ta	77	6.66	NA	6.66	6.66	6.66
Ti	77	0.15	0.04	0.03	0.25	0.15
Zr	77	6.32	2.83	0.66	13.00	6.00
As	77	5.05	6.88	2.66	50.90	2.66
Sb	77	1.33	0.54	1.26	5.90	1.26
Hg	77	0.039	0.030	0.026	0.196	0.026

5.4.6.2 Facies volcano-sedimentarias: Las rocas volcanoclásticas re-trabajadas constituyen >60% del área de afloramiento de la Formación Cisarán. La predominancia de detritos andesíticos en estas unidades volcánico-sedimentarias es evidente por su estrecha afinidad geoquímica con las lavas descritas en la sección 5.4.6.1 (Tabla 23).

Con respecto a Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Ba y Cr, las concentraciones medias varían entre las lavas y las rocas volcánico-sedimentarias re-trabajadas en menos del 10%. También se evidencia una firma rica en estroncio en las facies sedimentarias (media de 62 mg/kg). Predominan fondos muy bajos para Pb y As. La prospectividad (para Au y metales base) del tramo sedimentario de Cisarán está estrictamente limitada. Se ha definido un umbral de Au de 15 µg/kg en el percentil 95 (Fig. 38). Las localidades anómalas incluyen Q. Caumal (ref. 738201-9761748), donde se registra un valor de 467 µg/kg de Au que puede correlacionarse tentativamente con un contacto intrusivo poco definido. En el sur del tramo volcánico-sedimentario de Cisarán, se registran valores de hasta 74 µg/kg de Au que coinciden con hasta 3.1 mg/kg de Ag y 12.55 mg/kg de Sb en los tributarios de Q. Chagra Castea (ref. 738009-9737972).

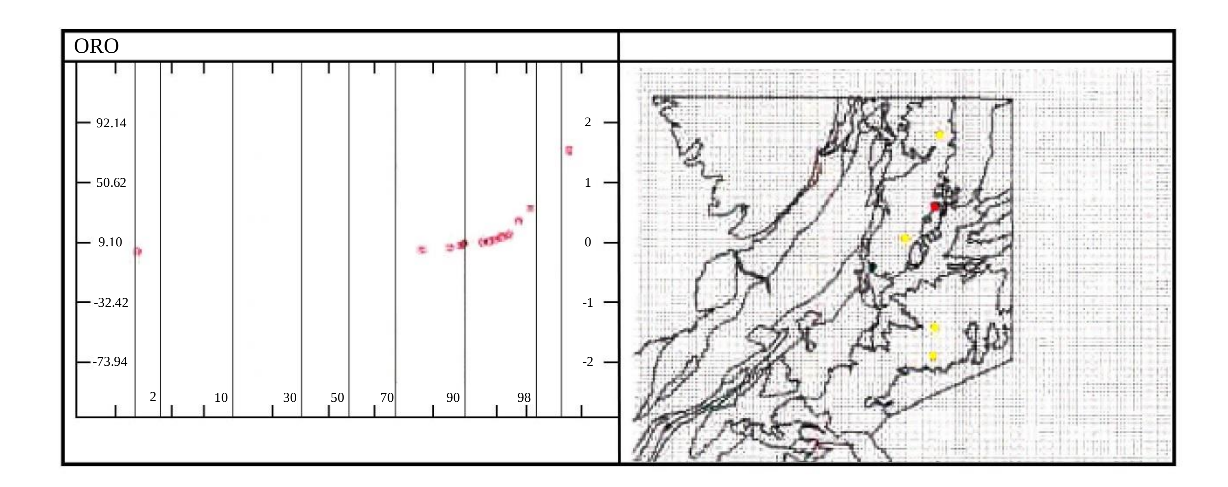


Figura 38. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizadas litológicamente para Au en los sedimentos de la Formación Cisarán. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para muestras de la Formación Cisarán. La codificación por colores de los puntos individuales refleja su clase percentil dentro de la población para toda el área de 2°-3°S (ver Figs 7-22).

Tabla 23. Sedimentos Cisarán. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	128	9.10	41.52	3.33	457.00	3.33
Ag	128	0.68	0.22	0.66	3.10	0.66
Cu	128	26.59	10.91	6.00	76.00	25.00
Pb	128	5.76	7.48	2.66	61.00	4.00
Zn	128	55.47	21.99	14.06	151.00	54.50
Mo	128	1.33	0.91	0.90	6.00	0.90
Ni	128	20.61	8.87	5.00	46.00	19.25
Co	128	11.71	3.45	4.00	22.00	12.00
Cd	128	0.47	0.11	0.46	1.60	0.46
Bi	128	4.05	0.45	4.00	8.67	4.00
Fe	128	2.96	0.90	1.24	6.65	2.77
Mn	128	429.11	162.06	155.00	1209.00	400.50
Te	128	6.78	0.98	6.66	15.00	6.66
Ba	128	98.15	39.39	35.00	214.00	91.75
Cr	128	43.80	14.71	17.00	87.00	42.00
V	128	111.80	34.31	55.00	235.00	108.00
Sn	128	13.33	0.00	13.33	13.33	13.33
W	128	13.38	0.59	13.33	20.00	13.33
La	128	5.49	3.06	0.66	18.00	5.00
Al	128	1.64	0.75	0.67	4.48	1.38
Mg	128	0.54	0.28	0.10	1.29	0.47
Ca	128	0.46	0.14	0.17	0.87	0.44
Na	128	0.07	0.04	0.02	0.19	0.07
K	128	0.04	0.02	0.01	0.19	0.04
Sr	128	62.00	30.88	-1.00	114.00	65.50
Y	128	2.42	1.07	1	8.00	2.00
Ga	128	3.09	2.05	1.33	10.00	2.42
Li	128	3.84	1.55	1.33	10.00	3.50
Nb	128	2.07	2.48	0.66	12.00	0.66
Sc	128	3.40	0.49	3.33	8.00	3.33
Ta	128	6.72	0.65	6.66	14.00	6.66
Ti	128	0.16	0.05	0.05	0.31	0.16
Zr	128	6.01	2.75	0.66	14.00	5.00
As	128	2.96	1.46	2.66	13.60	2.66
Sb	128	1.42	0.91	1.26	7.80	1.26
Hg	128	0.03	0.03	0.03	0.32	0.03

5.4.7 Rocas intrusivas

***5.4.7.1 Las facies granodioríticas** e intrusiones relacionadas* forman el componente litológico más grande del Batolito de Chaucha. Esta zona, en conjunto con un afloramiento de granitoide de tendencia noroeste dentro de una zona más amplia de basamento metamórfico en el sector central del área mapeada, incorpora 407 estaciones de muestreo. Las estadísticas resumidas (Tabla 24) están fuertemente sesgadas por aproximadamente 20 muestras derivadas de la zona de mineralización porfídica de Cu-Mo en Chaucha. Por lo tanto, los valores promedio proporcionan una guía poco confiable de la litogeoquímica. Dentro del gran afloramiento principal del Batolito de Chaucha al oeste de la longitud 670000 y al norte de la latitud 9680000, predominan fondos muy bajos para Ca (<0.4%), Mg (<0.7%), Mn (<400 mg/kg), Ni (<10 mg/kg), Zn (<50 mg/kg), Pb (<5 mg/kg) y As (<10 mg/kg). Las altas relaciones K/Ba y el enriquecimiento significativo en V indican una evolución magmática limitada. La presencia de facies cada vez más máficas, posiblemente enclaves de basalto Piñón, a lo largo de un eje de tendencia noroeste en el Batolito de Chaucha central, se indica por el enriquecimiento localizado de Mg y Ni.

La distribución de probabilidad acumulada de Au (Fig. 39) indica la presencia de tres poblaciones discretas (una relacionada con la intrusión de granodiorita más al norte en el centro del área mapeada), con un umbral de 53 µg/kg en el percentil 95. Sobre el sector del Batolito de Chaucha descrito anteriormente, la localidad anómala principal es Pan de Azúcar (por ejemplo, refs. 668909-9692032; 667981-9691883; 669190-9692363), donde se encuentran valores de 64-450 µg/kg de Au. No se registra un enriquecimiento coincidente de otros metales/metaloides de interés económico. En la zona del Río Pijilí se registran anomalías de hasta 981 µg/kg en secuencias de relleno de canal actualmente explotadas por mineros artesanales. En el área al sur e inmediatamente al oeste de Chaucha, se presentan anomalías en muestras múltiples en los sistemas de Q. Yubarpotrero (por ejemplo, refs. 671409-9676913; 672007-9675401) y Río Pita. En esta última área, se encuentran anomalías modestas (<100 µg/kg) en una zona limitada por fallas secundarias con orientación noreste, orientadas a 70-90° respecto a la falla de Ñag. Se ha registrado una ligera silicificación tanto de las facies intrusivas como de las tobas adyacentes del Grupo Saraguro. En Agua Blanca (ref. 670950-9679004), se registra un único valor de 135 µg/kg asociado con 1.2 mg/kg de Ag, 450 mg/kg de Cu, 10 mg/kg de Mo, 92 mg/kg de As, 3 mg/kg de Sb y 0.101 mg/kg de Hg en un contacto fallado con rocas basálticas de la Unidad de Pallatanga. Una zona que se extiende entre las longitudes 673000-675000 y las latitudes 9674000-9678000 alberga aproximadamente 20 valores de Cu fuertemente anómalos (300-2000 mg/kg) con un enriquecimiento asociado de Mo (7-141 mg/kg) dentro del drenaje de los ríos Chaucha, Malacatos, Pita y sus afluentes asociados. La mayoría están limitados por dos fallas secundarias con orientación noreste (la falla de Ñag y una estructura paralela aproximadamente 4 km al oeste), cuya intersección con una serie de estructuras secundarias adicionales de orientación noreste limita la mineralización de tipo pórfido en tres localidades discretas (por ejemplo, UNDP, 1969). Los ensambles zonificados de alteración hidrotermal van desde propilítica débil hasta potásica intensa, con texturas porfíricas desarrolladas por fenocristales de plagioclasa sericitizada, anfibol epidotizado y cuarzo subangular. Los sulfuros ocurren tanto como diseminaciones como rellenos de fracturas. El ensamble metalífero está dominado por pirita junto con calcopirita, covelina, molibdenita, fases secundarias de Cu (notablemente carbonatos) y óxidos de Fe. El oro ocurre solo como un componente refractario traza, como lo indica la prevalencia de valores de sedimentos fluviales en el rango de 5-50 µg/kg. La determinación de un umbral adecuado de As para el conjunto de granodiorita es problemática y se ha aplicado un valor ligeramente arbitrario de 54 mg/kg (percentil 93). En la zona principal de mineralización porfídica en Chaucha, se encuentran varios valores en el rango de 70-140 mg/kg en los ríos Chaucha (por ejemplo, margen norte del pórfido en 675560-9677013; 676595-9677678), Angas (por ejemplo, 0.5 km de la confluencia con el río Chaucha en 676618-9677469) y Pita (por ejemplo, margen oeste de la zona de pórfido en 674445-9677304).

Se evidencia un enriquecimiento coincidente de Sb (hasta 9.6 mg/kg), Zn (hasta 500 mg/kg), Ag (hasta 1.4 mg/kg), Cd (hasta 1.5 mg/kg), Cu (hasta 1551 mg/kg) y Mo (hasta 141 mg/kg). Se registran varios valores de Hg por encima de un umbral de 0.11 mg/kg (percentil 93) dentro de la zona de pórfido de Chaucha, en localidades de minería artesanal del área del Río Pijilí y, de manera más destacada, sobre la intrusión del Cerro Motilón en la cuenca del Río Chilcales al norte de Suscal (por ejemplo, refs. 711283-9740860; 712197-9739759). Aquí se encuentran valores de 1-1.6 mg/kg de Hg asociados con abundancias bajas de Au (<8 µg/kg). No hay un enriquecimiento pronunciado de otros metales o metaloides.

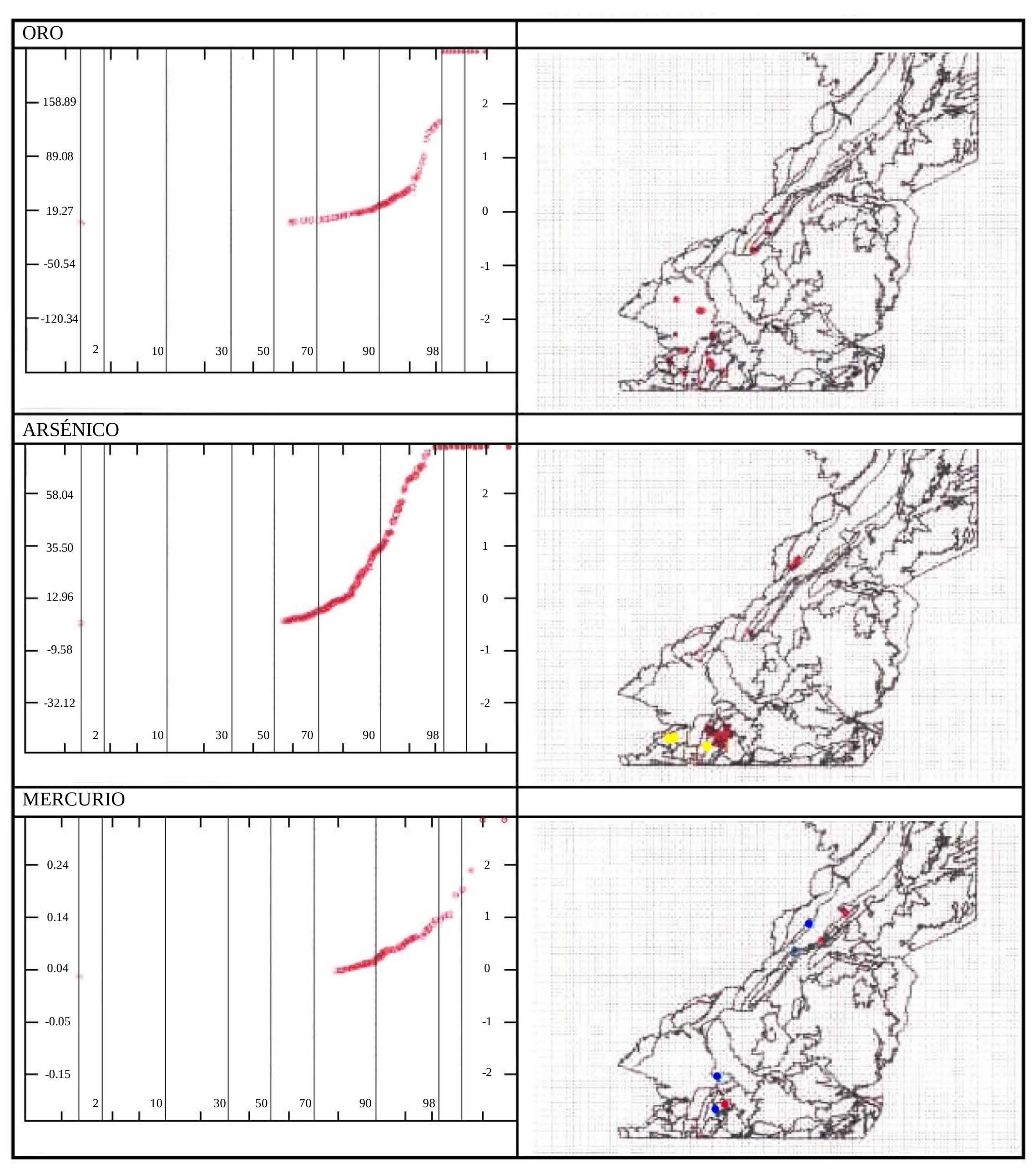


Figura 39. Gráficos de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizadas litológicamente para Au, As y Hg en las granodioritas. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de gráficos de probabilidad acumulada para muestras de granodiorita. La codificación por colores de los puntos individuales refleja su clase percentil dentro de la población para toda el área de 2°-3°S (ver Figs 7-22).

Tabla 24. Intrusiones de granodioritas. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	407	19.27	69.80	3.33	981	3.33
Ag	407	0.69	0.31	0.66	6.35	0.66
Cu	407	80.05	207.66	3	2090	30
Pb	407	8.75	11.15	2.66	93	4
Zn	407	62.57	87.89	3.33	1221	37.41
Mo	407	3.18	10.85	0.9	141	0.9
Ni	407	13.11	19.77	2.2	173	8
Co	407	10.28	6.43	1.73	63	9
Cd	407	0.57	0.54	0.46	6.5	0.46
Bi	407	4.56	1.75	4	16	4
Fe	407	5.22	2.38	1.4	10	4.83
Mn	407	430.33	265.52	114	2756.5	344
Te	407	7.64	5.62	6.66	79.33	6.66
Ba	407	92.50	42.89	18	310	87
Cr	407	43.91	29.13	5	194	39
V	407	163.39	100.43	28	619	138
Sn	407	13.46	1.15	13.33	27	13.33
W	407	13.44	1.11	13.33	28	13.33
La	407	8.58	8.06	0.66	64	6
Al	407	1.99	0.86	0.43	7.5	1.83
Mg	407	0.59	0.36	0.075	2.86	0.52
Ca	407	0.40	0.23	0.04	1.81	0.34
Na	407	0.02	0.01	0.007	0.11	0.02
K	407	0.17	0.09	0.02	0.6	0.16
Sr	407	22.48	15.95	-1	93	23
Y	407	4.82	2.64	2	22	4
Ga	407	3.49	2.72	1.33	15	3
Li	407	11.62	6.68	0.8	48	10
Nb	407	3.01	4.46	0.66	24	1
Sc	407	4.17	2.27	3.33	22	3.33
Ta	407	7.43	8.18	6.66	123.333	6.66
Ti	407	0.09	0.04	0.01	0.33	0.09
Zr	407	1.49	1.79	0.66	14	0.66
As	407	12.96	22.54	2.66	142.5	2.66
Sb	407	1.56	1.07	1.26	9.6	1.26
Hg	407	0.04	0.09	0.026	1.617	0.026

5.4.7.2 Las facies dioríticas de las intrusiones de Chaucha, Molleturo y Cerro Hornillos comprenden 209 estaciones de muestreo de sedimentos fluviales (Tabla 25). Se registran valores de media y mediana altos para Au (mediana de 16 µg/kg) y As (media de 32 mg/kg). El gráfico de probabilidad acumulada de Au (Fig. 40) indica un valor umbral alto de 170 µg/kg en el percentil 90. La anomalía más intensa sobre el Batolito de Chaucha se encuentra en las partes altas de Q. El Llanto (ref. 672294-9673548) en el contacto con un pequeño afloramiento de tobas riodacíticas y/o lavas (del Grupo Saraguro). Aquí, se registra un valor de 2524 µg/kg de Au, coincidente con 1705 mg/kg de Cu, 404 mg/kg de Pb, 1091 mg/kg de Zn, 7.4 mg/kg de Cd, 45 mg/kg de Bi, 272 mg/kg de As, 532 mg/kg de Sb y 1.5 mg/kg de Hg. Se reportan labores de galerías artesanales al sur y al este de esta localidad. Más al sur, en el sistema del Río Zambohuaycu, se registran valores de 232-548 µg/kg de Au con un enriquecimiento esporádico de Hg hasta 0.114 mg/kg en un área de microdioritas altamente silicificadas y facies riolíticas intrusivas. Sobre la Diorita Molleturo, se registran unos 17 valores de sedimento de Au superiores a 200 µg/kg, muchos a lo largo del contacto oriental con tobas de la Unidad Filo Cajas. Se encuentran valores de 235-849 µg/kg de Au, con As hasta 446 mg/kg, Sb hasta 7.6 mg/kg y Cd hasta 2.75 mg/kg en el Río Miguir y sus afluentes como Q. Guegrahuaca (refs. 679626-9703438; 679132-9703175). En el alto Río Putucay, se presentan anomalías con concentraciones de hasta 768 µg/kg de Au aguas abajo de tobas intensamente alteradas que se extienden hacia el este varios km en las cabeceras del Río Patul (refs. 687078-9704459; 687039-9693454). La prospectividad sobre y/o en los márgenes de las dioritas menores en el sector norte del área 2°-3°S es, en comparación, baja.

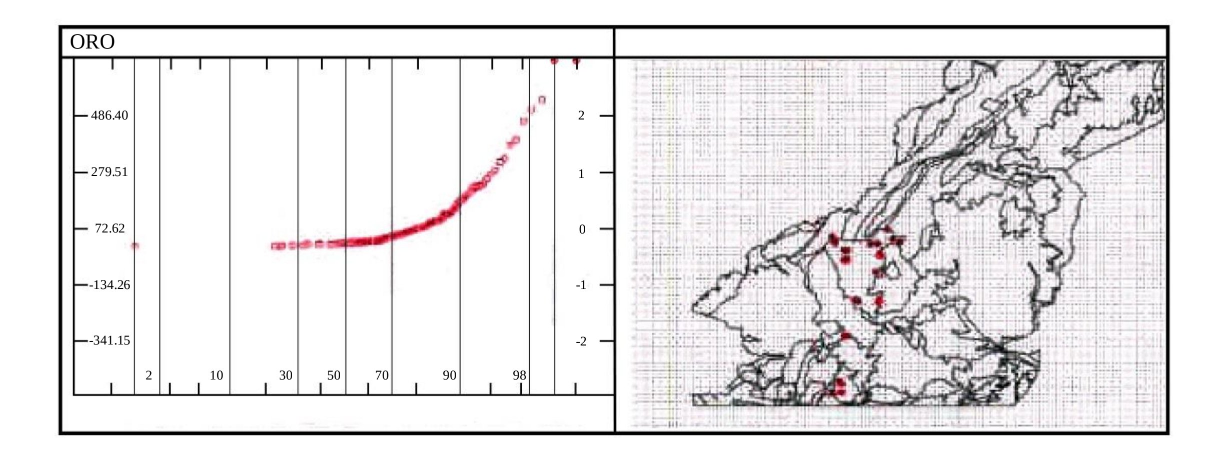


Figura 40. Tramas de probabilidad acumulada y mapas de anomalías normalizados litológicamente para Au en las dioritas. Los ejes indican la concentración de elementos (izquierda), desviación estándar de la concentración media (derecha) y clase percentil (base). Nota: la presencia de puntos individuales en los mapas de anomalías refleja su superación de un umbral definido a partir de las tramas de probabilidad acumulada para muestras de diorita. La codificación por colores de los puntos individuales refleja su clase percentil dentro de la población para toda el área 2°-3°S (ver Figs. 7-22).

Tabla 25. Intrusiones de diorita. Estadísticas resumidas

	Estaciones	Media	Des. Est.	Mín	Máx	Mediana
Au	209	72.62	206.88	3.33	2524	16
Ag	209	0.83	1.658	0.66	24.3	0.66
Cu	209	82.41	256.01	3	2737	36
Pb	209	23.61	33.97	2.66	404.5	15
Zn	209	115.20	107.88	3.33	1091	85
Mo	209	2.84	4.519	0.9	44	2
Ni	209	11.86	8.20	2.2	59	10.5
Co	209	15.05	8.77	1.73	72	14
Cd	209	0.77	0.87	0.46	7.4	0.46
Bi	209	4.83	3.25	4	45	4
Fe	209	4.56	1.69	0.63	10	4.25
Mn	209	716.59	405.49	161	3560.5	610
Te	209	6.84	1.10	6.66	15	6.66
Ba	209	99.32	43.55	12	245	94
Cr	209	31.43	22.07	2.46	186	26
V	209	102.84	76.76	5	679	82
Sn	209	13.40	1.08	13.33	29	13.33
W	209	13.36	0.46	13.33	20	13.33
La	209	8.61	5.96	0.66	42.5	8
Al	209	2.42	0.87	0.27	5.03	2.34
Mg	209	0.85	0.33	0.02	1.67	0.8
Ca	209	0.55	0.26	0.03	2.03	0.525
Na	209	0.02	0.02	0.007	0.13	0.02
K	209	0.09	0.05	0.007	0.335	0.08
Sr	209	28.29	23.92	-1	136	24.5
Y	209	7.04	5.61	1	78	6
Ga	209	4.54	2.91	1.33	16	4
Li	209	17.20	8.18	0.8	49	17
Nb	209	2.20	2.58	0.66	16	1
Sc	209	4.68	2.19	3.33	14.5	3.33
Ta	209	6.85	1.36	6.66	21	6.66
Ti	209	0.06	0.04	0.007	0.24	0.07
Zr	209	1.67	1.79	0.66	10	0.66
As	209	32.92	43.63	2.66	446.6	22.3
Sb	209	5.28	36.99	1.26	532.25	1.26
Hg	209	0.07	0.14	0.026	1.531	0.042

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

6.1 Potencial económico

6.1.1 Directrices interpretativas

Se enfatizan las siguientes directrices con respecto a la utilización de datos de reconocimiento de drenajes del PICG para la identificación de objetivos de seguimiento dentro del área 2°-3°S.

6.1.1.1 Densidad de muestreo: A la resolución del muestreo del PICG, las ocurrencias minerales potencialmente significativas (notablemente aquellas relacionadas con mineralización de estilo no pórfido) pueden estar indicadas por no más de un solo valor anómalo. Esto se ejemplifica en Río Blanco, donde una amplia zona de alteración silícica/argílica intensa se destaca por valores elevados de Au/As en solo una estación en la cuenca de Río Migsihuigsi.

6.1.1.2 Influencias del terreno: En el ambiente de páramo alto, las firmas geoquímicas de sedimentos están controladas por procesos físicos en lugar de hidromórficos. Los óxidos hidratados forman solo una parte muy pequeña de la matriz. Por lo tanto, las relaciones pico a fondo (notablemente para metales de transición) en localidades que albergan mineralización son bajas. Esto, junto con las altas energías características de muchos cursos de agua muestreados, puede resultar en respuestas geoquímicas de drenaje muy sutiles a la mineralización. Con respecto a la mineralización de Au epitermal, las ocurrencias en el páramo alto pueden indicarse por no más de aproximadamente 30-50 µg/kg de elevación de valores sobre el fondo. Las concentraciones de fondo de muchos metales en los sedimentos fluviales de la Cordillera Occidental son altamente variables (por ejemplo, media de Au 6.5-85.0 µg/kg, mediana de Au 3.3-16.0 µg/kg). En consecuencia, el requisito de normalización litológica adecuada es fundamental.

6.1.2 Prospectividad

Se proporciona un resumen de las ocurrencias potencialmente prospectivas de Au en la Tabla 26. La resolución tanto del mapeo geológico como del reconocimiento geoquímico de drenajes realizado por el PICG impide la identificación inequívoca de litologías hospedantes, controles estructurales sobre la mineralización y/o el desarrollo de modelos metalogenéticos. De las anomalías geoquímicas registradas, aquellas de las localidades de Río Pijilí, Río Corazón, Río Migsihuigsi, Río Angas y Río Miguir coinciden, sin embargo, con observaciones independientes de alteración o mineralización realizadas durante el mapeo geológico del PICG (Dunkley y Gaibor, 1997b). La mayoría pueden atribuirse tentativamente a uno de dos entornos:

(a) Ensambles mesotermales controlados estructuralmente en contactos intrusivos.

(b) Mineralización epitermal asociada con el volcanismo silícico/andesítico.

Se detallan a continuación aspectos adicionales relacionados con el entorno de cuatro prospectos identificados:

Tabla 26. Resumen de sitios anómalos respecto al Au en el área 2°-3°S del PICG

No.	Unidad	Ubicación	UTMX	UTMY	Au (ppb)	Asociación de elementos	Ambiente
1	Pallatanga	Río Pijilí	668861	9671581	4989	-	Control estructural en contacto intrusivo
2	Pallatanga	-	656882	9671188	1160	As, Cu, Hg	Contacto intrusivo
3	Macuchi	Río Chimbo	719502	9775689	414	Bi	Contacto con stock menor de diorita
4	Angamarca	Río Tixay	669293	7908144	1028	As, Hg, Ag	Probablemente procedente de basaltos silicificados de Pallatanga.
5	Ocaña	Q. Las Minas	699853	9720822	1546	-	Tobas fuertemente silicificadas en la cuenca
6	Chulo	Q. Chorahuaren	698051	9700569	3127	Ag	Silicificación local
7	Tomebamba	Río Corazón	703952	9720295	474	Ag, Pb, Bi, As	Contacto con granodiorita
8	Chanlud	Río Chulco	Numeroso		300	Ag	-
9	Río Blanco	R. Migsihuigsi	680306	9685523	940	As, Sb, Ag	Alteración silícica y argílica. Brechas hidrotermales
10	Soldados	R. Angas superior	687569	9681415	100	Cu, Ag, Pb, Bi, As, Sb, Hg	Brechas de turmalina y ensambles de alta temperatura
11	Soldados	Río Soldados	Numeroso		379	-	-
12	Plancharumi	Río Bermejos y Yanuncay	Numeroso		1582	Hg??	Volcánicos silícicos con posibles texturas de alteración
13	Saraguro (ind.)	R. San Antonio	677926	9681110	295	-	Contacto con el batolito de Chaucha
14	Saraguro (ind.)	Río Jérez	683779	9682100	108	-	-
15	Chaucha (GD)	Pan de Azúcar	668909	9692032	450	-	-
16	Chaucha (D)	Q. El Llanto	672294	9673548	2524	Cu, Pb, Zn, Cd, Bi, As, Sb, Hg	Contacto con antigua cubierta de tobas/lavas riolíticas
17	Molleturo (D)	Río Miguir	Numeroso		849	As, Sb, Cd	Contacto con la Unidad Filo de Cajas

6.1.2.1 Río Migsihuigsi: La mineralización en Río Blanco (principalmente en la concesión Llano Largo), destacada en el estudio del PICG por una fuerte anomalía de Au-As en Q. Migsihuigsi, ha sido objeto de una reciente investigación comercial que incluye un programa de perforación con diamantina por Río Tinto Ltd. y sus venture partners. Sin embargo, detalles sobre los controles estructurales, las firmas de alteración y la paragénesis aún están por determinarse completamente. Investigaciones como las incorporadas en el subcomponente 3.5 de PRODEMINCA (Evaluación de Distritos Mineros) están, por lo tanto, justificadas tanto como ayuda para la evaluación económica, como para el desarrollo de un marco metalogenético regional. En noviembre de 1997, se realizó una visita breve a Río Blanco (prospecto de Llano Largo) como parte del programa de geoquímica regional del PICG para validar interpretaciones basadas en datos preliminares de reconocimiento.

El prospecto de Río Blanco-Llano Largo está subdividido en varias concesiones nombradas, delimitadas (aproximadamente) al norte por el interfluvio (4000 m) de las cuencas de Canoas y El Choro/Miguir, al este por el Río Migsihuigsi y al oeste por una quebrada paralela (sin nombre) controlada por una falla, que drena hacia Quebrada Canoas. Las litologías primarias son tobas de flujo piroclástico andesíticas, con grados variables de recristalización, con lavas andesíticas y areniscas volcánicas intercaladas. Rocas intrusivas intermedias afloran a una altitud de aproximadamente 3400 m en la esquina suroeste de la concesión.

Las fotografías aéreas del área de Río Blanco indican la presencia de un bloque competente subcircular (posiblemente una intrusión oculta) al sureste del prospecto. Esto parece haber controlado la orientación de numerosas lineaciones secundarias (cizallas sigmoidales) dentro de la zona de mineralización. La alteración argílica intensa y la silicificación a lo largo de estos conductos han producido varias estructuras alargadas topográficamente sobresalientes de hasta 20 m de ancho, con tendencia principalmente ESE en los sectores central y norte del prospecto (Penélope, Alejandra y Minerva).

La alteración dentro de la concesión está claramente zonada. En el margen oriental, son evidentes las tobas andesíticas alteradas propilíticamente. En el área principal de exploración de Río Tinto, las elevaciones más bajas (zona Dorada) se caracterizan por áreas extensas de alteración argílica relativamente homogénea y una mayor presencia de sulfuros de metales base. En Penélope, Alejandra y Minerva, las estrechas zonas de intensa alteración argílica y silicificación (descritas anteriormente) están separadas por rocas relativamente frescas, con litologías originales identificables. Se observan zonas de brechificación (principalmente texturas tectónicas angulares con posibles sobreimpresiones hidrotermales) en estos niveles superiores. Fases múltiples de vetas de cuarzo forman una característica distintiva de Alejandra y Penélope. Hay evidencia de que algunas fases son estériles mientras que otras contienen un alto contenido de sulfuros. Una caracterización adicional de esta vetilleo de fases múltiples (con respecto a la distribución y mineralogía) puede contribuir significativamente a la identificación de áreas objetivo prioritarias dentro del prospecto de Río Blanco. Sin embargo, este trabajo ahora está contemplado dentro del programa para el subcomponente 3.5 de PRODEMINCA, y por lo tanto se considera fuera del alcance del PICG.

6.1.2.2 Alto Río Angas: La mineralización en el alto Río Angas ha sido conocida durante tres décadas. Valores anómalos de Zn fueron destacados durante la fase uno de un programa de exploración del PNUD en el área de Chaucha en 1969 (PNUD, 1969). Durante la segunda fase del mismo proyecto, se reportaron estructuras brechadas fuertemente silicificadas (ONU, 1972), con dos tales ocurrencias al norte del Río Angas mostrando evidencia de mineralización polimetálica (Au, Cu, Pb, Zn, Bi, Sb). Un programa posterior financiado por INEMIN y coordinado por la Misión Belga estableció la presencia de 19 estructuras brechadas discretas dentro de una zona arqueada de fragmentación y alteración argílica-propilítica alrededor del complejo subvolcánico de Atugpamba (al oeste de Laguna de Pallacocha). Esta unidad intrusiva de alto nivel es interpretada por van Thournout y Guzmán (1988) como relacionada con uno de dos (o más) centros eruptivos no contemporáneos de la Formación Tarqui (como se define en los programas del PNUD e INEMIN) dentro de los cuales se informó que toda la mineralización estaba hospedada. Mapeos más recientes realizados por Dunkley y Gaibor (1997b) indican que la Formación Tarqui no ocurre en la región. En cambio, la mineralización está alojada en rocas volcánicas mucho más antiguas del Grupo Saraguro del Oligoceno, principalmente dentro de las tobas de flujo piroclástico dacítico de la Formación Soldados. Van Thournout y Guzmán (1988) han clasificado las ocurrencias como depósitos epitermales ácido-sulfatados sobre la base de su firma geoquímica. La presencia de brechas de turmalina en el área de Lagunas de Pallacocha (Dunkley y Gaibor, 1997b), además de las altas relaciones Bi/Sb y Bi/As registradas en Q. Chaupiurcu durante el reconocimiento geoquímico del PICG, pueden, sin embargo, indicar ensambles de temperaturas más altas.

Los datos generados bajo el mapeo geológico del PICG (Dunkley y Gaibor, 1997b) y los estudios de reconocimiento geoquímico indican que la zona prospectiva puede extenderse al sur y al oeste del área descrita anteriormente, posiblemente en relación con unidades intrusivas de alto nivel independientes y/o antiguos centros eruptivos. A cinco kilómetros al suroeste de Laguna de Pallacocha, Dunkley y Gaibor (1997b) reportan ocurrencias de conductos de brecha en las proximidades de Loma Chilchiloma. Estos muestran clastos polimícticos redondeados (tufitas) con diseminaciones de pirita, calcopirita y covelina, así como fases secundarias de Cu (malaquita). Los conductos atraviesan tobas riolíticas no diferenciadas del Grupo Saraguro, sobre las cuales ocurren anomalías descritas en la sección 5.4.5.10 de este informe cerca del contacto con la Formación Soldados. La firma rica en As-Sb-Hg de los sedimentos fluviales en las proximidades de todas las brechas descritas anteriormente contrasta con la de los drenajes que ingresan al Río Angas desde el sur (Laguna de Patos), en los cuales puede indicarse una fase independiente de mineralización de pirita-calcopirita.

6.1.2.3 Alto Río Bermejos y Yanuncay: Valores anómalos de Au (hasta 706 µg/kg) y Hg (hasta 19 mg/kg) en los drenajes al sur (Trigo Loma), oeste (Bermejos) y norte (Yanuncay y Soldados) del Cerro Plancharumi delinean una zona sustancial con potencial económico. La Formación Plancharumi, de la cual se pueden obtener varios valores anómalos, ha sido interpretada por Dunkley y Gaibor (1997b) como un entorno favorable para la mineralización epitermal. La secuencia está caracterizada principalmente por tobas riolíticas de caída de aire, flujos piroclásticos y lavas, expulsados en un ambiente lacustre. Brechas gruesas de masa de flujo epiclástico indican una posible proximidad a domos de lava intrusivos (aunque no observados en superficie), mientras que tobas finas de caída de aire con lapilli acrecionario, tobas vesiculares de flujo piroclástico y abundante pómez (junto con evidencia independiente de altos contenidos de agua syneruptiva) son consistentes con actividad freatomagmática. La actividad base-surge está indicada por la estratificación cruzada de lapillitas gruesas de pómez. Sujeto a la existencia de domos de flujo o alimentadores relacionados, el entorno puede ser análogo al sistema de alta sulfuración de Yanacocha en el norte de Perú (aunque las litologías de Yanacocha son esencialmente andesíticas).

Existe considerable incertidumbre con respecto a la interpretación de los datos de Au y Hg para el tramo Cerro Plancharumi-Río Soldados Inferior, en parte debido a la pobre covariación local de estos elementos (Fig. 41). Dado el número sustancial de muestras anómalas de Au y/o Hg registradas, no se pueden invocar plausiblemente explicaciones relacionadas con efectos pepita de Au o mecanismos diferenciales de dispersión. A partir de la evidencia disponible, es probable que existan al menos dos zonas de mineralización genéticamente no relacionadas, la primera en las cabeceras del Río Bermejos y la segunda en la cuenca del Río Soldados. Además, es posible que existan múltiples (posiblemente no contemporáneas) zonas de mineralización *en* el sector alto del Río Bermejos.

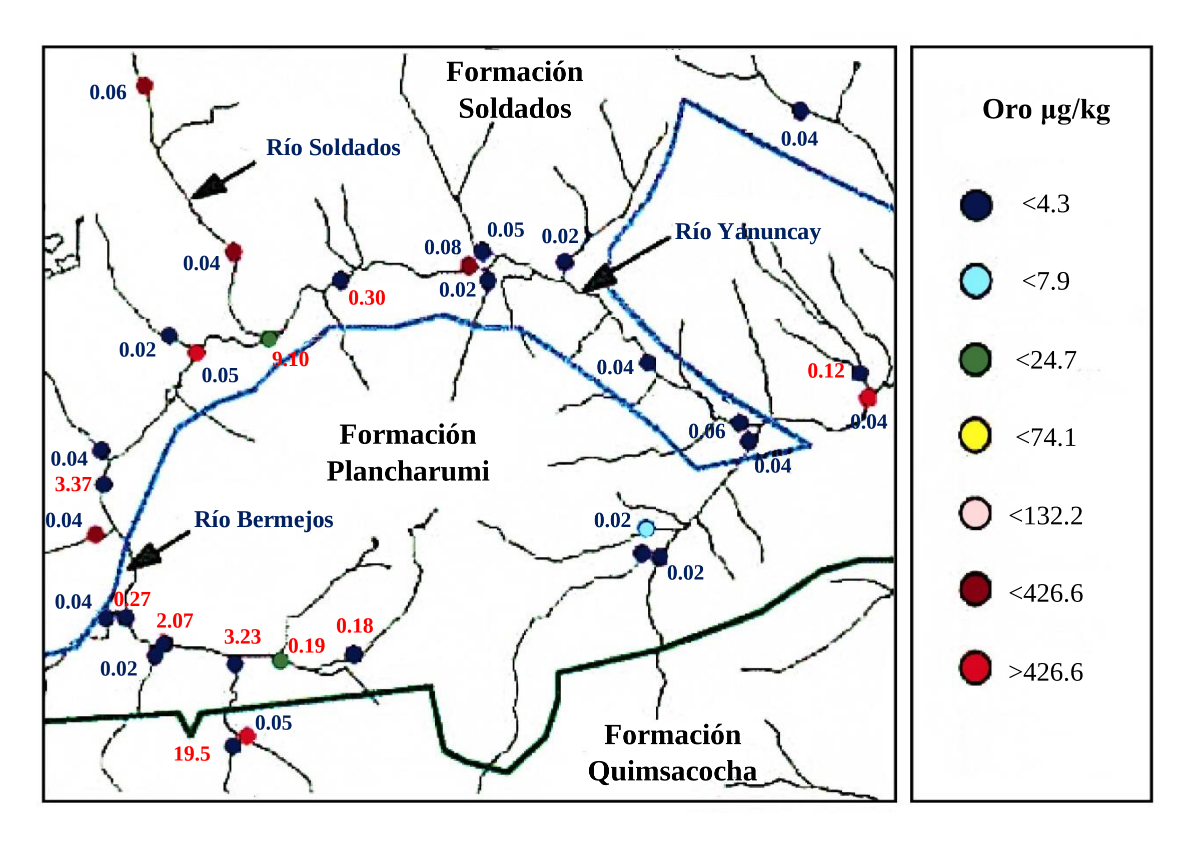


Figura 41. Datos geoquímicos para Au (codificados por color) y Hg (valores expresados en mg/kg) para los drenajes que rodean el macizo del Cerro Plancharumi. Se indican los contactos aproximados de las Formaciones Quimsacocha, Plancharumi y Soldados.

- ***Alto Río Bermejos:*** Se indica un objetivo epitermal discreto dentro de las cabeceras del Río Bermejos por una intensa anomalía de Hg de 19.57 mg/kg con una dispersión de tendencia norte que produce valores de Hg en el rango de 0.277-3.3 mg/kg en la sección del canal hacia la confluencia de Q. Ishcayrrumi-Río Bermejos-Río Yanuncay. Los valores de Au en este sector están consistentemente por debajo del límite de detección (aunque se registra un valor de Au de 713 µg/kg en un tributario de las cabeceras del Río Bermejos al este de la considerada fuente de Hg).

Desde la posición de la presunta fuente, la mineralización de mercurio en la parte alta del Río Bermejos probablemente esté alojada, en parte, en lavas andesíticas de la Formación Quimsacocha (que sobreyace a la Formación Plancharumi cerca de la divisoria sur). Se ha reportado cinabrio diseminado en la Formación Quimsacocha cerca del límite sur del área cartografiada, y la mineralización epitermal rica en Hg en las proximidades de la caldera de Quimsacocha es bien conocida. Sin embargo, también se encuentran valores de Hg en el rango de 0.17-0.18 mg/kg en afluentes del Río Bermejos que se extienden hacia el oeste (por ejemplo, el Río Trigo Loma), exclusivamente confinados al tramo de Plancharumi. Esto, junto con la presencia de enriquecimiento modesto de oro (no coincidente) y Au particulado en drenajes con orientación noreste que emanan desde la misma área fuente, es indicativo de mineralización epitermal dentro del macizo de Cerro Plancharumi. Las relaciones entre las ocurrencias tentativamente asociadas a las Formaciones Quimsacocha y Plancharumi no están claras. Los posibles escenarios incluyen:

(a) Un sistema epitermal zonificado, principalmente alojado dentro de Plancharumi con un halo distintivo rico en Hg transgrediendo el contacto.

(b) Mineralización epitermal débil syn-eruptiva (del Oligoceno Superior) dentro del macizo de Cerro Plancharumi, con depósitos ricos en Hg más tardíos (Mio/Plioceno) asociados con la precipitación de fuentes termales en el margen del montículo de Quimsacocha (Fig. 42).

Este último escenario es consistente con el flujo asimétrico hacia el norte y la paleohidrogeología del sistema Quimsacocha. Sin embargo, la ausencia de enriquecimiento de metaloides en estos entornos marginales sigue siendo problemática.

- ***Río Soldados y Yanuncay:*** Aguas abajo de la confluencia Río Bermejos-Río Yanuncay, se evidencia un enriquecimiento esporádico de Hg y Au a lo largo de unos 6 km de longitud del canal. Se observan valores altos de Au (sistemáticamente sin enriquecimiento de Hg) cerca de la confluencia con un afluente sin nombre que fluye hacia el sureste desde Lagunas de Chushalongo (706 µg/kg), y en la confluencia con Q. Coles (161 µg/kg) a 5 km aguas abajo. Valores anómalos de Hg hasta 9.19 mg/kg se registran en estaciones independientes en el sector intermedio del canal. La distribución observada de valores elevados de Au dentro del Río Yanuncay en su totalidad puede reflejar aportes de dos fuentes genéticamente no relacionadas:

(a) El Río Soldados, que fluye hacia el sur, en el que se indica mineralización alojada en la Formación Soldados por varios valores de Au en el rango de 190-380 µg/kg en un sector de canal de 4 km por encima de la confluencia con el Río Yanuncay.

(b) Aportes de mineralización epitermal débil dentro del macizo de Cerro Plancharumi (descrito anteriormente).

La escasa correlación entre los altos valores de Au y Hg en el Río Yanuncay se debe en parte al ingreso de detritos del Río Soldados, en el cual no se ha registrado enriquecimiento de Hg. Una complejidad adicional podría ser introducida por emanaciones de aguas termales en el Río Yanuncay (>70°C en superficie, con alto contenido de sulfuro disuelto) entre 699000E-702000E. Se considera que estas emanaciones constituyen la expresión superficial de un conducto estructural principal para fluidos profundos circulantes que pueden removilizar Hg de fuentes epitermales dentro del tramo de Plancharumi (o posiblemente de Quimsacocha).

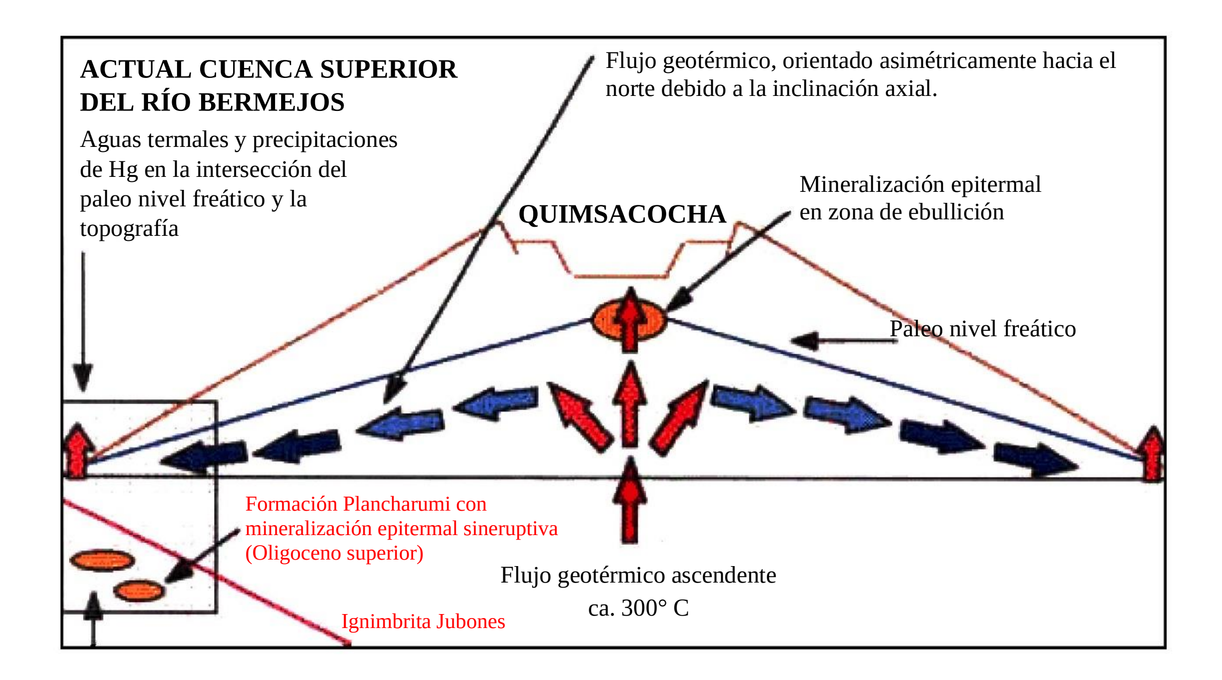


Figura 42. Posible ambiente metalogenético del Mio-Plioceno para la cuenca superior del Río Bermejos, indicando mineralización epitermal en Quimsacocha y mineralización de mercurio relacionada con emanaciones de aguas termales en el margen norte del montículo de lava. La temprana mineralización de baja sulfuración alojada en la Formación Plancharumi está relacionada con el volcanismo silícico del Oligoceno tardío dentro de un ambiente lacustre.

6.1.2.4 Quebrada El Llanto: Se observa un fuerte enriquecimiento de Au (2524 µg/kg), metaloides (As 272 mg/kg, Sb 532 mg/kg) y metales base (Cu 1705 mg/kg, Zn 1091 mg/kg) en la parte media de Q. El Llanto, en una zona de potencial mineral conocido, pero poco evaluado. Se ha excavado un pequeño túnel en el lado este de la quebrada, aproximadamente en 6788-96730, para explotar una veta de alto grado, cuyos desechos han entrado en el río y han aumentado la anomalía de drenaje registrada aguas abajo. Tanto la firma geoquímica como el entorno geológico siguen siendo de interés, con posibles analogías con la mineralización en el sistema del Río Angas. En las proximidades de Q. El Llanto, se reporta una diorita de grano fino con silicificación intermitente y pirita diseminada al norte y al sur del asentamiento de Cascajo. Cerca de la anomalía polimetálica, el interfluvio al oeste de Q. El Llanto muestra una intensa silicificación y la presencia de un gossan bien desarrollado (similar al que cubre la mineralización de pórfido del sistema Chaucha en Naranjos). Aunque alterada intensamente, la litología parental a lo largo del interfluvio es reconocible como volcanoclástica, con una diorita relativamente fresca expuesta en pendiente abajo. Por lo tanto, la cobertura gossanosa y la zona subyacente de mineralización de sulfuros deben estar alojados dentro de un colgante de techo volcánico del Batolito de Chaucha. Anomalías modestas de Au en el Río Pita, a unos 3 km al oeste, pueden relacionarse con la mineralización alojada en el mismo colgante silicificado y oxidado. En ambos casos, las firmas son conspicuamente ricas en As-Sb, con altas concentraciones de metales base.

6.2 Firmas litogeoquímicas

La utilidad de los datos geoquímicos de sedimentos fluviales regionales como herramienta para elucidar y/o delinear límites litológicos, regímenes deposicionales y paleoambientes ha sido demostrada previamente (por ejemplo, Williams et al., 1995a; Stone et al., en prensa). Con respecto al área 2°-3°S del PICG, tales datos reflejan el modelo litotectónico básico de:

(i) Acreción de un conjunto de basaltos de fondo oceánico (Cr, Co, Cu, Mg, Ni) fallado contra un basamento metamórfico.

(ii) Acreción de un arco ensimático del Terciario Temprano (alto Cu/Cr) contra el margen continental.

(iii) Volcanismo silícico relacionado con la subducción (rico en Pb, Ba con bajos Cu-Cr-Ni-V) con facies intermedias posteriores.

(iv) Emplazamiento de un conjunto de intrusiones de granodiorita (pobre en Ca, Co, Mg, Ni, Sr, rico en K) y diorita.

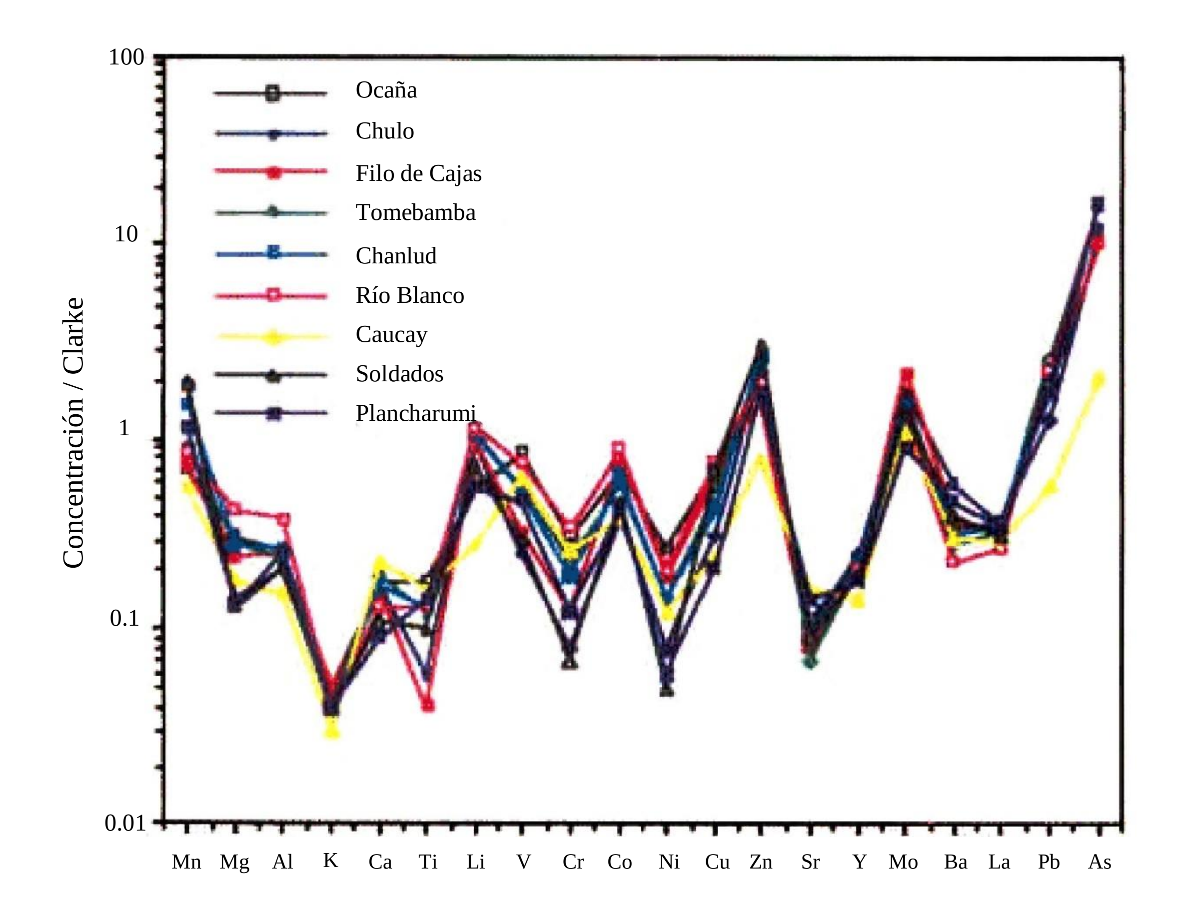


Figura 43. Firmas geoquímicas de nueve unidades componentes del Grupo Saraguro basadas en datos de sedimentos normalizados por corteza para el área 2°-3°S del PICG.

A través de una investigación más detallada, es posible destacar contrastes más sutiles dentro de la litoestratigrafía regional. La Figura 43 ejemplifica un enfoque simple para la manipulación de datos geoquímicos, aplicado a las unidades litoestratigráficas recientemente definidas del Grupo Saraguro. Se produjeron diagramas spider al aislar datos multi-elementos para las Formaciones individuales de Dunkley y Gaibor (1997b) utilizando la rutina de subconjuntos poligonales de Interdex, a partir de la cual se calcularon los valores promedio 'dentro de la unidad' de los elementos. Cada media se normalizó posteriormente respecto a la concentración media de la corteza superior (valor de Clarke) para el elemento correspondiente, facilitando la proyección de valores para unos 20 elementos de abundancia ampliamente variable en un solo eje. Es importante enfatizar que estos valores normalizados de sedimentos, aunque son comparables internamente, no pueden utilizarse como sustitutos directos de roca total debido a las complejidades derivadas de (i) la meteorización, (ii) la concentración o dilución de minerales en el ambiente fluvial, y (iii) efectos de disolución parcial durante el análisis químico.

Los diagramas spider para las unidades del Grupo Saraguro muestran una discordancia particular de la firma entre las unidades en el sector V-Cu del espectro. Valores normalizados bajos de Cr y Ni, por ejemplo, definen claramente las facies silíceas de las Formaciones Chulo y Soldados, mientras que las lavas andesíticas y tobas de la Formación Río Blanco muestran niveles normalizados altos de Mg, Al, V, Co, Cu, con bajos niveles de Ba y La. Sin embargo, la diferenciación entre las unidades a veces está enmascarada por la heterogeneidad dentro del grupo, como en el caso de la Formación Chanlud que comprende tanto subcomponentes intermedios como ácidos. Por lo tanto, se requiere un refinamiento adicional del enfoque de subconjunto para las unidades geológicas más complejas a fin de maximizar la utilidad de los datos.

6.3 Líneas base ambientales

6.3.1 Justificación

Los datos de geoquímica de drenaje, aunque generados casi exclusivamente para la exploración de minerales metalíferos antes de la década de 1980, ahora se reconocen como un recurso valioso para la auditoría ambiental, evaluación de riesgos y planificación del uso de la tierra en escalas que van desde sitios específicos hasta globales. La necesidad de conjuntos de datos multi-elemento nacionales e internacionales internamente consistentes para fines ambientales ha impulsado el desarrollo de una base de datos geoquímica global bajo el IGCP 259 (Darnley et al., 1995), a la cual el PICG contribuirá en última instancia. Dentro del contexto específico de la Cordillera Occidental ecuatoriana, la contribución de los conjuntos de datos geoquímicos del PICG al monitoreo ambiental y protección a largo plazo puede ser particularmente pronunciada, ya que la recopilación en muchos casos ha precedido cualquier perturbación humana importante. Por lo tanto, los datos proporcionan una línea base ambiental respecto a la cual se pueden evaluar cuantitativamente los impactos de futuras actividades industriales, extractivas o relacionadas.

6.3.2 Desarrollo de criterios de calidad del sedimento

La disponibilidad de criterios de calidad del sedimento sigue siendo limitada en comparación con los estándares establecidos de calidad del agua (principalmente derivados de los límites de agua potable de US-EPA y WHO) que rutinariamente utilizan las autoridades regulatorias ambientales en todo el mundo. En estudios recientes sobre los impactos de la minería y la urbanización en la calidad del sedimento en Ecuador, Filipinas, Indonesia y África Oriental (por ejemplo, Williams et al., 1996a, 1996b, 1997; Appleton et al., 1996), se han aplicado directrices del Documento de Criterios Provisionales de la CE (Van Veen y Strotelder, 1988) presentadas al Foro Internacional de Calidad del Sedimento (1992), y/o los Criterios de Calidad del Sedimento de Canadá para la Protección de la Vida Acuática (Environment Canada, 1992; revisados por MacDonald, 1994). Sin embargo, los primeros se basan únicamente en análisis estadísticos de datos de sedimentos de los Países Bajos y, por lo tanto, no tienen un significado específico humano o ecotoxicológico. Los últimos (Tabla 27), aunque basados en datos de respuesta-efecto modelados y experimentales, asumen una biodisponibilidad del 100% para contaminantes ligados al sedimento (aunque el efecto del pH se tiene en cuenta, explicando el umbral de efecto tóxico relativamente alto para Pb con un pH 7.0), lo que hace que los umbrales de acción sean irrealísticamente bajos (ver sección 6.3.3 a continuación).

Tabla 27. Criterios de Calidad del Sedimento para la Protección de la Vida Acuática. Fuente: Environment Canada (1992), revisado por MacDonald (1994).

Elemento	Umbral sin efecto	Umbral de mínimo efecto	Umbral de efecto tóxico
As	3	7	17
Cd	0.2	0.9	3
Cu	28	28	86
Pb	23	53	170
Hg	0.05	0.2	1
Zn	100	150	540

La aplicación de estándares universales de elementos traza para la evaluación de la calidad del suelo o del sedimento a escala regional, nacional o internacional ahora se reconoce como una debilidad en este campo de la regulación ambiental en Europa y América del Norte. Tales estándares no tienen en cuenta la variabilidad natural (controlada litológicamente) de las concentraciones ambientales de micro-nutrientes y elementos traza potencialmente tóxicos. Los problemas resultantes pueden ejemplificarse aplicando el umbral de efecto tóxico para As (Tabla 27) de los Criterios de Calidad del Sedimento para la Protección de la Vida Acuática (Environment Canada, 1992) al área 2°-3°S del PICG, donde los valores de la mediana de As varían desde <4 mg/kg en las Formaciones Macuchi, Puñay y Cisarán hasta >20 mg/kg en la Unidad Filo de Cajas, y Formaciones Tomebamba, Chanlud Río Blanco. Un umbral de 17 mg/kg corresponde a >4 veces el fondo (definido por la mediana) dentro de las primeras unidades, pero está por debajo del fondo de las últimas. A través de la aplicación de un cociente de biodisponibilidad (cauteloso) del 20% (ver sección 6.3.3 a continuación), un umbral de efecto tóxico más realista puede ser de aproximadamente 85 mg/kg. Sin embargo, la adopción de un umbral tan alto para fines regulatorios es, a su vez, insatisfactoria, facilitando, por ejemplo, el uso indiscriminado de pesticidas arsenicales (de alta biodisponibilidad) sin exceder los límites de acción estatutarios en áreas con los fondos naturales más bajos.

Un enfoque más pragmático para el desarrollo de criterios de calidad para monitoreo ambiental y protección, que está ganando aceptación internacional, implica la derivación de niveles de fondo, umbrales y acción normalizados litológicamente para contaminantes en sedimentos (o suelos) (por ejemplo, Darnley et al., 1995). Estos proporcionan una base para evaluar el impacto ambiental de desarrollos agrícolas, industriales y residenciales dentro de su contexto local o regional específico. Sin embargo, el establecimiento de tales umbrales normalizados depende de la existencia de datos geológicos y geoquímicos multi-elementales a escala regional o nacional que representen el espectro litológico natural. En este sentido, el mapeo geológico y los programas de reconocimiento regional realizados bajo el PICG pueden respaldar directamente el desarrollo del subcomponente 2.3 del PRODEMINCA (Desarrollo de Políticas) de legislación ambiental nacional.

6.3.3 Importancia de la especiación de contaminantes

La influencia de la especiación en fase sólida en la movilidad y toxicidad de contaminantes en sedimentos (o suelos) es una consideración importante en la derivación de umbrales. Con respecto al Pb, por ejemplo, la biodisponibilidad de óxidos a pH 7 puede superar a la de sulfuros detríticos, carbonatos secundarios (cerusita) o fosfatos (piromorfita) a ese mismo pH en un factor de 100 (Fergusson, 1994). En cuanto al As, la toxicidad de compuestos arsenitos puede exceder a la de arseniatos en un factor de 10, y la de especies monometílicas o dimetílicas en 100 (Williams et al., 1995b).

Los umbrales existentes de riesgo ambiental para muchas toxinas inorgánicas se han derivado en parte de datos experimentales de dosis-efecto para compuestos de alta solubilidad, que luego se han aplicado sin ajuste en la evaluación del impacto ambiental (por ejemplo, Environment Canada, 1992) y/o en la evaluación de riesgos humanos (por ejemplo, dentro del paquete Risk Assistant del US-EPA; Hampshire Research Inst., 1996). En suelos y sedimentos donde las biodisponibilidades de contaminantes son mucho más bajas, el riesgo percibido asociado con las cargas ‘umbral’ de metales pesados o metaloides es característicamente exagerado. Estudios de áreas de suelo contaminado con As, Pb y Hg en EE.UU. (Davis et al., 1993), Filipinas (Williams et al., 1996a) y Tailandia (Williams et al., en prensa) han demostrado que dicha evaluación errónea del riesgo puede resultar en la implementación de esquemas de remediación injustificados y costosos.

La caracterización de la micro-mineralogía de sedimentos, la especiación de metales y su movilidad a través de los diversos regímenes fisiográficos y climáticos de Ecuador sería tanto costosa como requeriría mucho tiempo, y está más allá del alcance del proyecto actual. Sin embargo, las influencias de la especiación pueden considerarse en el establecimiento de criterios nacionales de calidad de sedimentos mediante referencia a un gran cuerpo de datos publicados para sedimentos en todo el mundo. Estudios del BGS sobre la movilidad de metales pesados y metaloides en sedimentos contaminados de composición diversa en el Reino Unido, Grecia, Malasia, Tailandia, Filipinas, Zimbabue y Kenia (por ejemplo, Williams, 1992; 1997; Williams et al., 1994; Breward et al., 1995) indican un espectro probable de biodisponibilidad del 1-20% para As, Sb, Cu, Zn, Pb, Hg y Cd bajo condiciones de pH-Eh presentes naturalmente. La aplicación de un factor del 20% puede, en muchos aspectos, resultar práctica. El ajuste de esta manera de los umbrales de efecto tóxico para Pb y Zn citados en la Tabla 27 da como resultado valores de 430 mg/kg y 2700 mg/kg, respectivamente. Estos son análogos cercanos a los valores de ‘límite’ del Documento de Criterios Provisionales de la CE de 400 mg/kg para Pb y 2500 mg/kg para Zn (Van Veen y Strotelder, 1988).

El valor de determinar una serie de concentraciones umbral tóxicas para elementos individuales que pueden aplicarse selectivamente de acuerdo con las condiciones ambientales locales ha sido reconocido en el desarrollo del modelo de evaluación de riesgos CLEA del UK-DOE (Ferguson y Denner, 1995). Este utiliza cocientes de toxicidad independientes para aguas blandas y duras para Pb y otros metales pesados. Se promueve fuertemente un enfoque análogo para la evaluación de la calidad de sedimentos, con diferentes umbrales aplicados en función de (i) pH del sedimento, (ii) óxido hidratado, (iii) carbonato y (iv) contenido orgánico.

6.3.4 Aplicación de datos en la predicción y control de impactos mineros

Estudios de la hidroquímica de aguas de drenaje de más de cincuenta operaciones de Au y sulfuros complejos en África y el sudeste asiático (Williams y Breward, 1995) han mostrado que la composición de los lixiviados es una función predecible del tipo de depósito, mineralogía del mineral de mena y contexto geológico (Fig. 44). Además de definir objetivos de exploración, los datos de geoquímica de sedimentos fluviales también dilucidan la composición de sulfuros del ensamble. Por lo tanto, estos datos ofrecen una visión temprana de los posibles peligros geoquímicos asociados con la explotación del depósito, de valor en las etapas de planificación del proyecto y evaluación preliminar de impacto.

Williams et al. (1994) han resumido los principales determinantes de la calidad del drenaje de mina como:

(i) Abundancia de pirita, otros sulfuros generadores de ácido y/o metales pesados.

(ii) Susceptibilidad de los sulfuros a la disolución (controlada por tamaño de grano, estructura y exposición).

(iii) Capacidad de amortiguamiento de la ganga y la roca encajante (carbonatos, óxidos hidratados, aluminosilicatos).

(iv) Interacción agua-roca con respecto al material portador de sulfuro (permeabilidad).

(v) Interacción de los fluidos permeantes con la atmósfera (contenido de O_2).

(vi) Actividad microbiana (notablemente Thiobacilli).

(vii) Tecnología minera y de beneficio.

(viii) Clima.

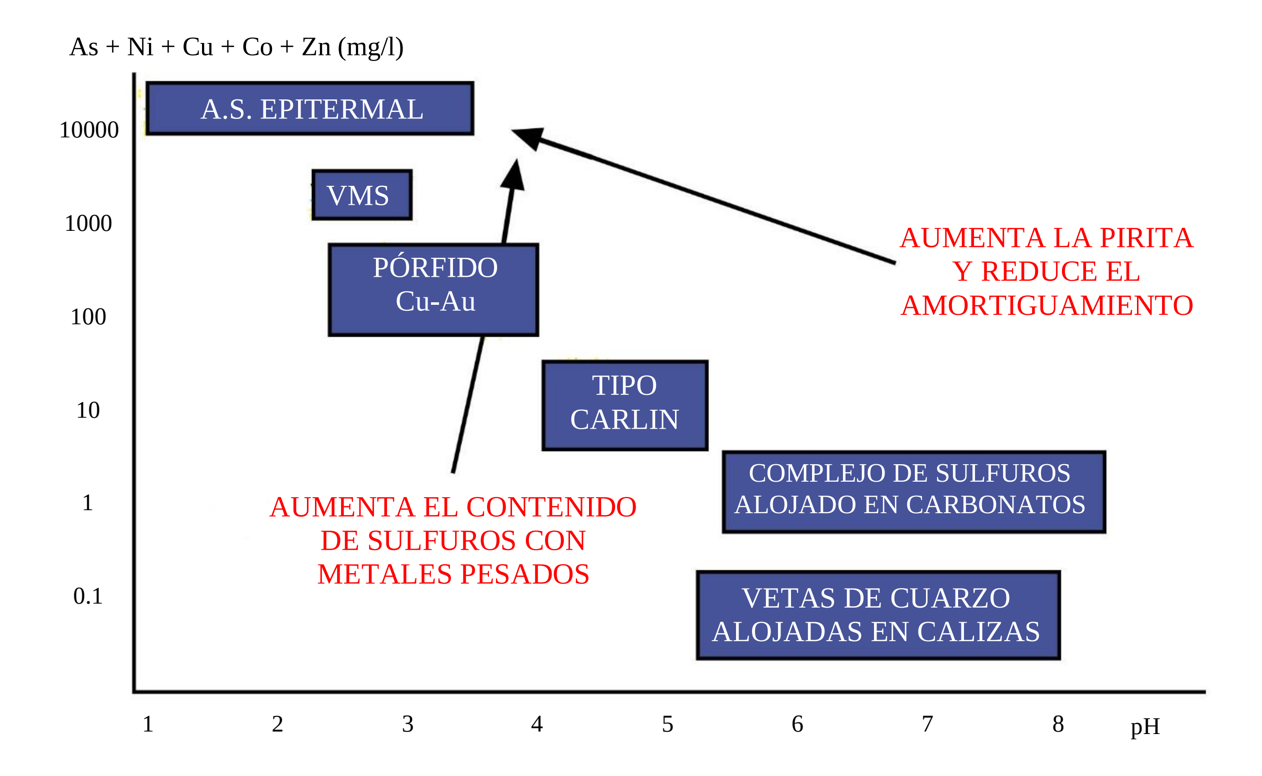


Figura 44. Típicos pH y contaminantes disueltos característicos de aguas mineras asociadas con diferentes configuraciones metalogénicas, basado en datos empíricos de Tailandia, Malasia, Zimbabue, Filipinas y EE.UU.

En la mayoría de los entornos, el proceso fundamental que impulsa la dispersión de contaminantes es la generación de drenaje ácido de roca (ARD).

La oxidación espontánea de la pirita y otros sulfuros se puede presentar en todos los ambientes oxigenados de acuerdo con la termodinámica del sistema Fe-S-H_2O:

$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$, impulsando reacciones como:

$FeS_2 + 8H_2O \rightarrow Fe^{2+} + 2SO_4 + 16H^+ + 14e^-$

A potenciales de electrodo más altos (y pH > 2) la reacción puede ser:

$FeS_2 + 11H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 2SO_4 + 19H^+ + 15e^-$

o:

$FeS_2 + 19H_2O \rightarrow Fe_2O_3 + 4SO_4 + 38H^+ + 30e^-$

La oxidación de sulfuros por hierro férrico (significativamente soluble a bajo pH) también puede ocurrir de acuerdo con la reacción:

$FeS_2 + 14Fe^{3+} + 8H_2O \rightarrow 15Fe^{2+} + 2SO_4 + 16H^+$

El número de iones H^+ liberados durante la oxidación de sulfuros no es uniforme, dependiendo fuertemente de la relación metal/sulfuro, del oxidante (O_2 o Fe^{3+}) y de los precipitados formados. Los procesos de oxidación que involucran pirita son los más prolíficos en la generación de protones, seguidos aproximadamente por pirrotina, calcopirita, arsenopirita, enargita y tennantita. La generación de ácido asociada con la oxidación de esfalerita pura es teóricamente nula. A partir del conocimiento de la química de oxidación de los sulfuros respectivos, los datos de sedimentos del PICG (idealmente combinados con información recopilada a lo largo del estudio para concentrados de minerales pesados) pueden aplicarse para proporcionar una indicación cualitativa de la magnitud de la generación de drenaje ácido de roca (ARD) y los problemas asociados con la movilización de metales pesados que pueden seguir a la explotación de cualquier prospecto dado. Es importante enfatizar que la generación neta de ácido es una función de la producción de H^+ a través de la oxidación de sulfuros y la hidrólisis, contrarrestada por efectos de amortiguamiento derivados de la meteorización de carbonatos, aluminosilicatos y óxidos hidratados en el ensamble de ganga y la litología huésped. En consecuencia, es necesario incorporar información litológica de la naturaleza recopilada bajo el PICG en cualquier modelo predictivo preliminar.

Dentro del área 2°-3°S del PICG, debe establecerse un contraste fundamental entre prospectos de baja sulfuración (Río Blanco y Cerro Plancharumi) y objetivos epitermales de ácido sulfato o mesotermales polimetálicos (Q. El Llanto, parte alta del Río Angas) con respecto a su geoquímica ambiental. En estos últimos, los problemas de alta capacidad de generación de ARD se combinan con altos niveles de As y Sb, que forman oxi-aniones estables con movilidad en un amplio rango de pH. Si bien tales factores no resultan inevitablemente en impactos adversos después de la explotación, deben ser una consideración esencial en cualquier plan operativo y de cierre.

6.3.5 Peligros geoquímicos naturales

La importancia de la geoquímica ambiental en la etiología de numerosas enfermedades relacionadas con elementos traza ha sido enfatizada por Mills (1996). Variaciones controladas litológicamente en las concentraciones de P, I, Se, Cu, Co y otros elementos traza ejercen un control de primer orden en la distribución de numerosas enfermedades animales y/o humanas relacionadas con la deficiencia de micronutrientes, de las cuales el bocio y el cretinismo relacionados con la deficiencia de I (por ejemplo, Fuge, 1996) y las cardiopatías sensibles al Se (por ejemplo, Mills, 1996) están mejor documentadas. Darnley et al. (1995) han demostrado que extensas regiones del mundo tienen niveles naturales de elementos traza esenciales bien por debajo de los recomendados para suelos agrícolas y pastizales. Los problemas de toxicidad crónica (en humanos y/o ganado) asociados con la exposición natural a F (notablemente en África Oriental), As (India, Bangladesh, Tailandia, Argentina, México, Chile, Uruguay) y Se (China, EE.UU.) también son ampliamente conocidos (por ejemplo, Plant et al., 1996).

Dentro del contexto de la salud humana y animal, las características geoquímicas naturales potencialmente significativas del área 2°-3°S del PICG incluyen una zona de enriquecimiento intenso de Mo (hasta 100 veces la abundancia media de la corteza superior) sobre Chaucha y enriquecimiento localizado de Hg (hasta 400 veces la abundancia media de la corteza superior) cerca de Soldados y en el Río Patamarca (ref. 716310-9690325). Los niveles ambientales elevados de Mo (típicamente restringidos a sistemas porfiríticos de Cu-Mo y lutitas negras) son una causa potencial de deficiencia secundaria de Cu mediante la inhibición de la asimilación de Cu en rumiantes (Mills, 1996). La influencia es fuertemente dependiente del pH, y sería necesaria una caracterización adicional de las condiciones fisicoquímicas locales para evaluar completamente el riesgo. Con respecto al Hg, los valores máximos registrados en los sistemas superiores del Río Bermejos y Río Patamarca (ambos sin perturbaciones antropogénicas significativas) son análogos a los máximos reportados para el campo minero artesanal de Nambija (34 mg/kg; Williams y Orbea, 1997), y un factor de 5 más alto que en Ponce Enríquez (Appleton, 1996). Estas anomalías naturales también se encuentran dentro del rango superior de valores de sedimentos documentados para localidades principales de fiebre del oro en Rondonia brasileña y Venezuela (Pfeiffer et al., 1989; 1991; Martinelli et al., 1988). Es importante enfatizar que la toxicidad del Hg está fuertemente influenciada por la especiación química. Por lo general, en este aspecto existen contrastes marcados entre las zonas de enriquecimiento de Hg natural y antropogénico. En el primero, predominan fases estables (sulfuro detrital y/o oxihidróxido secundario) mientras que, en el segundo, típicamente dominan el Hg metálico con tasas relativamente rápidas de volatilización y metilación mediada biológicamente. Sin embargo, la presencia de complejos lábiles de sulfuro o cloro de Hg es posible en los manantiales termales del sistema del Río Yanuncay (indicado por anomalías de Hg en sedimentos cerca de emisiones mayores). Estas aguas requieren caracterización hidroquímica como parte de una evaluación toxicológica más amplia.

6.4 Declaración final

Todos los datos incorporados en este documento fueron compilados de acuerdo con los objetivos específicos del subcomponente 3.4 de PRODEMINCA (Mapeo Temático), y los objetivos más amplios de PRODEMINCA delineados en el Memorando del Proyecto del Banco Mundial (1993). Para lograr este último, la integración de datos geoquímicos con resultados geocientíficos, sociales y económicos de otros subcomponentes del proyecto es un requisito central. Las áreas probables de aplicación de los datos de reconocimiento geoquímico (excluyendo la exploración) en el contexto de PRODEMINCA incluyen el Desarrollo de Políticas (2.3), Monitoreo de la Contaminación y Salud Relacionada con las Actividades Mineras (3.1), Contención y Neutralización de Desechos Mineros Peligrosos (3.2), Mapeo Geológico (3.3) y Evaluación de Distritos Mineros (3.5). La utilización de información geoquímica dentro de estos subcomponentes ha sido facilitada en la mayor medida posible bajo el PICG mediante la adopción de una base de datos Oracle y GIS Intergraph, compatibles con los sistemas de TI utilizados en todos los demás subcomponentes técnicos de PRODEMINCA.

La función de este documento como una visión general de metodología/datos se detalla en la sección 1.2. Tras la publicación en 1998 de datos geoquímicos digitales para las áreas 3°-4°S y 2°-3°S del PICG, el rentabilidad estratégica y económica será determinada en gran medida por el interés del sector privado. Sin embargo, permanecerá la petición por la participación de CODIGEM, DINAPA, DINAMI y otros departamentos gubernamentales en la gestión de datos, la provisión de conjuntos de datos multitemáticos y la orientación interpretativa. Esta contribución a largo plazo del sector público puede ser en última instancia tan importante como la inversión privada para lograr el objetivo central de PRODEMINCA de desarrollo sostenible del sector de minerales metalíferos del Ecuador.

7. BIBLIOGRAFÍA

APPLETON J. D. (1996) Assessment of mercury contamination in the Ponce Enríquez artisanal gold mining area, Ecuador. British Geological Survey, Overseas Geology Series Technical Report WC/96/55.

BOLVIKEN B. and SINDING-LARSEN B. (1973) Total error and other criteria in the interpretation of stream sediment data. In: Geochemical Exploration 1972 (London: Institution of Mining and Metallurgy).

BREWARD N., WILLIAMS T. M. and BRADLEY D. (1995) Comparison of alternative extraction methods for determining particulate metal speciation. Applied Geochemistry, vol. 11, 101-104.

BRISTOW C. R. and PARODIZ J. J. (1982) The stratigraphical palaeontology of the Tertiary non-marine sediments of Ecuador. Bulletin of Carnegie Museum of Natural History, No. 19, 1-53. (Pittsburgh, Pennsylvania).

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY (1993) Regional geochemistry of southern Scotland and part of northern England. NERC, Keyworth, Nottingham, UK.

DARNLEY A. G., BJÖRKLUND A., BØLVIKEN B., GUSTAVSSON N., KOVAL P. V., PLANT J. A., STEENFELT A., TAUCHID M., XIE XUEJING, GARRETT R. G. and HALL G. E. M. (1995) A global geochemical database for environmental and resource management: Recommendations for international Geochemical Mapping. Final Report of IGCP Project 259. UNESCO, Paris, 122 p.

DAVIS A., DREXLER J. W., RUBY M. V. and NICHOLSON A. (1993) Micromineralogy of mine wastes in relation to lead bioavailability, Butte, Montana. Environmental Science and Technology, 27, 1415-1424.

DUNKLEY P. N., GAIBOR A. and BOLAÑOS J. E. (1997) Geochemical orientation survey, Río Junín. Geological Information Mapping Programme (GIMP) Report No. 5. World Bank Mining Development and Environmental Control Project (PRODEMINCA), Misión Geológica Británica, CODIGEM, Quito, Ecuador.

DUNKLEY P. N. and GAIBOR A. (1997a) Control of quality of geochemical data. Geological Information Mapping Programme (GIMP) Report No. 6. World Bank Mining Development and Environmental Control Project (PRODEMINCA), Misión Geológica Británica, CODIGEM, Quito, Ecuador.

DUNKLEY P. N. and GAIBOR A. (1997b) Geology of the area between 2 and 3 degrees south. Western Cordillera, Ecuador. Report No. 2. World Bank Mining Development and Environmental Control Project (PRODEMINCA), Misión Geológica Británica, CODIGEM, Quito, Ecuador.

EGÜEZ A. (1986) Evolution Cénozoïque de la Cordillère Occidentale Septentrional d'Equateur (0°15'S o 1°10'S). Les mineralisation associées. Unpublished Ph.D. Thésis; Université Pierre et Marie Curie, Paris, 116p.

EGÜEZ A., DUGAS F. and BONHOMME M. (1992) Las Unidades Huigra y Alausí en la Evolución Geodinámica del Valle Interandino del Ecuador. Boletín Geológico Ecuatoriano, 3, 47-56.

FERGUSON C. C. and DENNER J. M. (1995) UK Action (or intervention) values for contaminants in soil for protection of human health. Proceedings of the Fifth International FZK/TNO Conference on Contaminated Soil 1995. Maastricht, Netherlands, 2. 1199-1200.

FERGUSSON J. E. (1994) The heavy elements: Chemistry, Environmental impact and health effects. Oxford, Pergamon Press.

FUGE R. (1996) Geochemistry of iodine in relation to iodine deficiency diseases. In: Environmental geochemistry and health with special reference to developing countries. Geological Society Special Publication No. 113, 201-213. Geological Society of London.

GARRETT R. G. (1983) Sampling methodology. In: Howarth R. J. Ed. Handbook of exploration geochemistry volume 2: Statistics and data analysis in geochemical prospecting. Chapter 4, 83-111. Elsevier, London.

HAMPSHIRE RESEARCH INSTITUTE (1996) RISK ASSISTANT for Windows. 9426 Forest Haven Drive. Alexandria. Virginia 22309-3151. USA.

HUNGERBÜHLER D. and STEINMANN M. (1996) Curso internacional geología de cuencas sedimentarias (Mioceno, Sur del Ecuador). Guía del campo. Escuela Politécnica Federal de Zürich, 27.

MACDONALD D. D. (1994) A review of environmental quality criteria and guidelines for priority substances in the Fraser River basin. DOE-FRAP. 1994-30.

MARTINELLI L. A., FERREIRA J. R., FORSBERG B. R. and VICTORIA R. L. (1988) Mercury contamination in the Amazon: a gold rush consequence. Ambio, 17 No. 4, 252-254.

MCCOURT W., DUQUE P. and PILATASIG L. (1997) Geology of the Cordillera Occidental of Ecuador between 1° and 2° S. Geological Information Mapping Programme (GIMP) Report No. 3. World Bank Mining Development and Environmental Control Project (PRODEMINCA). Misión Geológica Británica, CODIGEM, Quito, Ecuador.

MILLS C. F. (1996) Geochemical aspects of the aetiology of trace element related diseases. In: Environmetal geochemistry and health with special reference to developing countries. Geological Society Special Publication No. 113, 1-7. Geological Society of London.

MÜLLER-KAHLE E. and DAMON P. E. (1969) K-Ar age of a biotite granodiorite associated with primary Cu-Mo mineralization at Chaucha, Ecuador. In Damon P. E. (Editor). Correlation and chronology of ore deposits and volcanic rocks. United States Atomic Energy Commission Annual Progress Report CCO-689-130. University of Arizona Tucson, 46-48.

NAKASHIMA S. (1979) Selective determination of arsenic (iii) and arsenic (v) by atomic absorption spectrophotometry following arsine generation. Analyst. Vol. 104, pp. 172-173.

PÉREZ H. O. (1990) Sansahuin y Quimsacocha: centros de emisión de la Formación Tarqui. *Boletín Geológico Ecuatoriano,* Vol. 1, 69-73.

PFEIFFER W. C., LACERDA D. L., MALM O., SOUZA C. M. M., DE SILVA E. G. and BASTOS W. R. (1989) Mercury concentrations in inland waters of gold mining areas in Rondonia, Brazil. Science of the Total Environment. 78, 233-240.

PFEIFFER W. C., MALM O., SOUZA C. M. M., LACERDA D. L., DE SILVA E. G. and BASTOS W. R. (1991) Mercury in the Madeira River ecosystem. Rondonia, Brazil. Forest Ecology and Management, 38, 239-245.

PLANT W. C. (1973) A random numbering system for geochemical samples. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, section B. 83.

PLANT J. A. and MOORE P. J. (1979) Regional geochemical mapping and interpretation in Britain. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 288, B95-112.

PLANT J. A., JEFFREY J. K., GRILL E. and FAGE C. (1975) The systematic determination of error, accuracy and precision in geochemical exploration data. Journal of Geochemical Exploration, Vol. 4, 467-486.

PLANT J. A., BALDOCK J. W. and SMITH B. (1996) The role of geochemistry in environmental and epidemiological studies in developing countries: a review, In: Environmental geochemistry and health with special reference to developing countries. Geological Society Special Publication No. 113, 7-23. Geological Society of London.

PRATT W. T., FIGUEROA J. F. and FLORES B. G. (1997) Geology of the Cordillera Occidental of Ecuador between 3° and 4° S. Geological Information Mapping Programme (GIMP) Report No. 1. World Bank Mining Development and Environmental Control Project (PRODEMINCA), Misión Geológica Británica, CODIGEM, Quito, Ecuador.

RIVERA M., EGÜEZ A. and BEATE B. C. (1992) El volcanismo Neógeno de Los Andes Australes: Sus manifestaciones en la zona entre Cuenca y Soldados. Ecuador. Memorias de la Segunda Jornada en Ciencias de la Tierra, 56-57.

SNELLING N. J. (1969) Personal communication in Bristow C. R. and Hoffstetter R. (1977) (Compilers). Lexique Stratigraphique International, Ecuador. Second edition. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique.

STONE P., GREEN P. M. and WILLIAMS T. M. (1997) Relationship of source and drainage geochemistry in the British paratectonic Caledonides: and exploratory assessment. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, section B. Vol. 106, B79-B84.

TAYLOR S. R. and MCLENNAN S. M. (1985) The Continental Crust: its Composition and Evolution. Blackwell, Oxford.

THOMPSON M. and HOWARTH R. J. (1976) Duplicate analysis in geochemical practice. Analyst, 101, 690-709.

THOMPSON M. and HOWARTH R. J. (1978) A new approach to the estimation of analytical precision. Journal of Geochemical Exploration, 9, 23-30.

THOURNOUT V. F. and GUZMÁN J. (1988) Brechas hidrotermales relacionadas con posibles centros eruptivos en los volcánicos Tarqui cerca de Angas, Azuay. Significado metalogénico para la formación, Politécnica, Monografía de Geología 6, Vol. 13, No. 3, 7-31.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1969) Survey of metallic and non-metallic minerals. Coal Investigations (Operation No. 1, Cuenca-Biblián and Loja). *Technical Report, United Nations Development Programme, Quito-New York.*

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1972) Survey of metallic and non-metallic minerals. Technical Report No. 16, Quito-New York.

VAN VEEN R. J. and STROTELDER P. B. M. (1988) Research on contaminated sediments in the Netherlands. In Wolf K., Van de Brink W. J. and Colon F. J. (Eds). Contaminated soil. 1263-1275. Academic Publ.

WILLIAMS T. M. (1992) Trace metal speciation in surficial sediments from Loch Dee, southwest Scotland, U.K. Environmental Geology 21, 62-70.

WILLIAMS T. M., ROBOTHAM H. and SIMPSON P. R. (1992) Soil geochemistry of the Central, Above Rocks and Blue Mountains inliers and intervening Cenozoic sequences. Jamaica. British Geological Survey Geochemistry Series Technical Report WP/92/13/R.

WILLIAMS T. M. and BREWARD N. (1995) Environmental impacts of gold and complex sulphide mining (with particular reference to arsenic contamination). British Geological Survey Overseas Geology Series Technical Report WC/95/2.

WILLIAMS T. M., HENNEY P. J., LINTERN B. C. and STONE P. (1995a) Rare earth element geochemistry of Lower Palaeozoic turbidites in the Trans-Iapetus Zone: Provenance patterns and basin evolution. Scottish Journal of Geology, 32, part 1.

WILLIAMS T. M., FORDYCE F. M., PAIJITPRAPAPON A. and CHAROENCHAISRI P. (1995b) Arsenic contamination in surface drainage and groundwater in part of the Southeast Asia tin belt. Nakhon si Thammarat Province, Southern Thailand, Environmental Geology, 27, 16-33.

WILLIAMS T. M., WEEKS J. M., APOSTOL A. and MIRANDA C. (1996a) Assessment of mercury toxicity hazard associated with cinnabar mining and tailings disposal in Honda Bay, Palawan, Philippines. British Geological Survey. Overseas Geology Series Technical Report WC/96/31/R.

WILLIAMS T. M., REES J. G., KAIRU K. K. and YOBE A. C. (1996b) Assessment of contamination by metals and selected organic compounds in coastal sediments and waters of Mombasa, Kenya. British Geological Survey. Overseas Geology Series Technical Report WC/96/37.

WILLIAMS T. M. (1997) Environmental Arsenic Exposure: Health Risks and Geochemical Solutions (DFID Contract R6491). Mining sub-project, Thailand case-study summary report. British Geological Survey. Overseas Geology Series Technical Report WC/97/49.

WILLIAMS T. M. and ORBEA H. (1997) Dispersal of mercury and ore-derived metals in surface drainage of the Nambija artisanal mining field, Ecuador. British Geological Survey. Overseas Geology Series Technical Report WC/97/37.

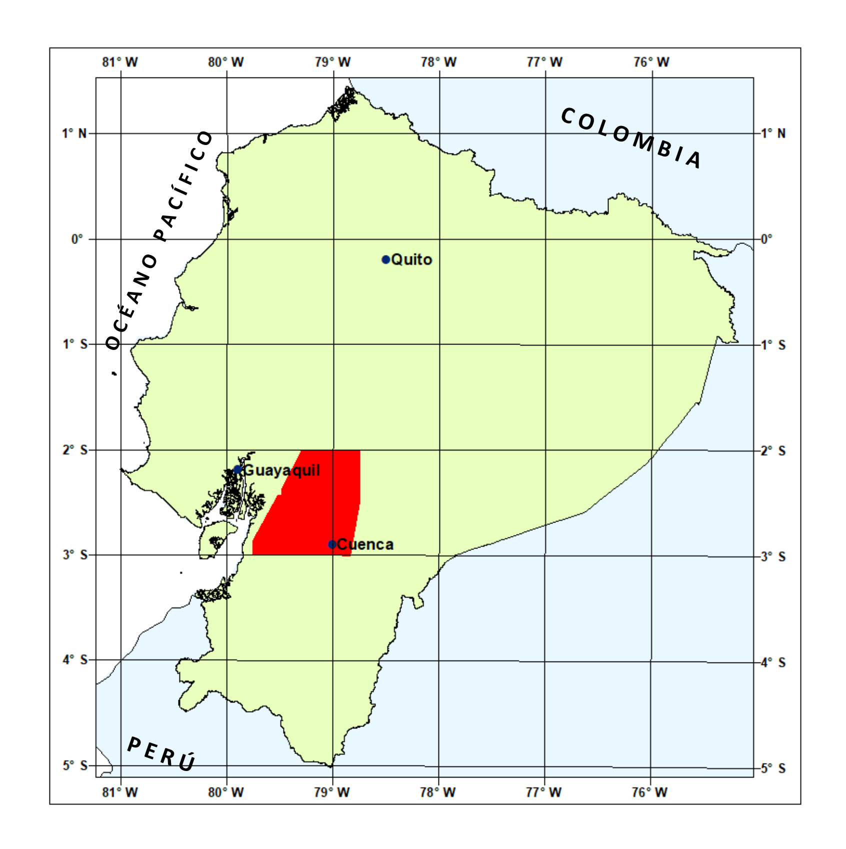
WILLIAMS T. M., REES J. and SETIAPERMANA D. (1997) Land-derived contaminant influx to Jakarta Bay, Indonesia, Volume 1: Geochemistry of marine water and sediment. British Geological Survey. Overseas Geology Series Technical Report WC/97/19.

WILLIAMS T. M., RAWLINS B. G., SMITH B. and BREWARD N. (in press) In-vitro determination of arsenic bioavailability in contaminated soil and beneficiation waste from Ron Phibun, Southern Thailand. Environmental Geochemistry and Health.

ANEXO 1 DEL INFORME:

INVESTIGACIÓN GEOQUÍMICA DE RECONOCIMIENTO DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL ECUADOR ENTRE 2°00’ Y 3°00’S

GRÁFICOS DE CONTROL DE PRECISIÓN



PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA
(UBICACIÓN DEL ÁREA DEL MAPA 2)

QUITO, 1997

Gráficos de control de precisión para elementos seleccionados determinados en el programa de investigación geoquímica regional del PICG, mostrando líneas de concordancia del percentil 90 y 99 en cada caso.

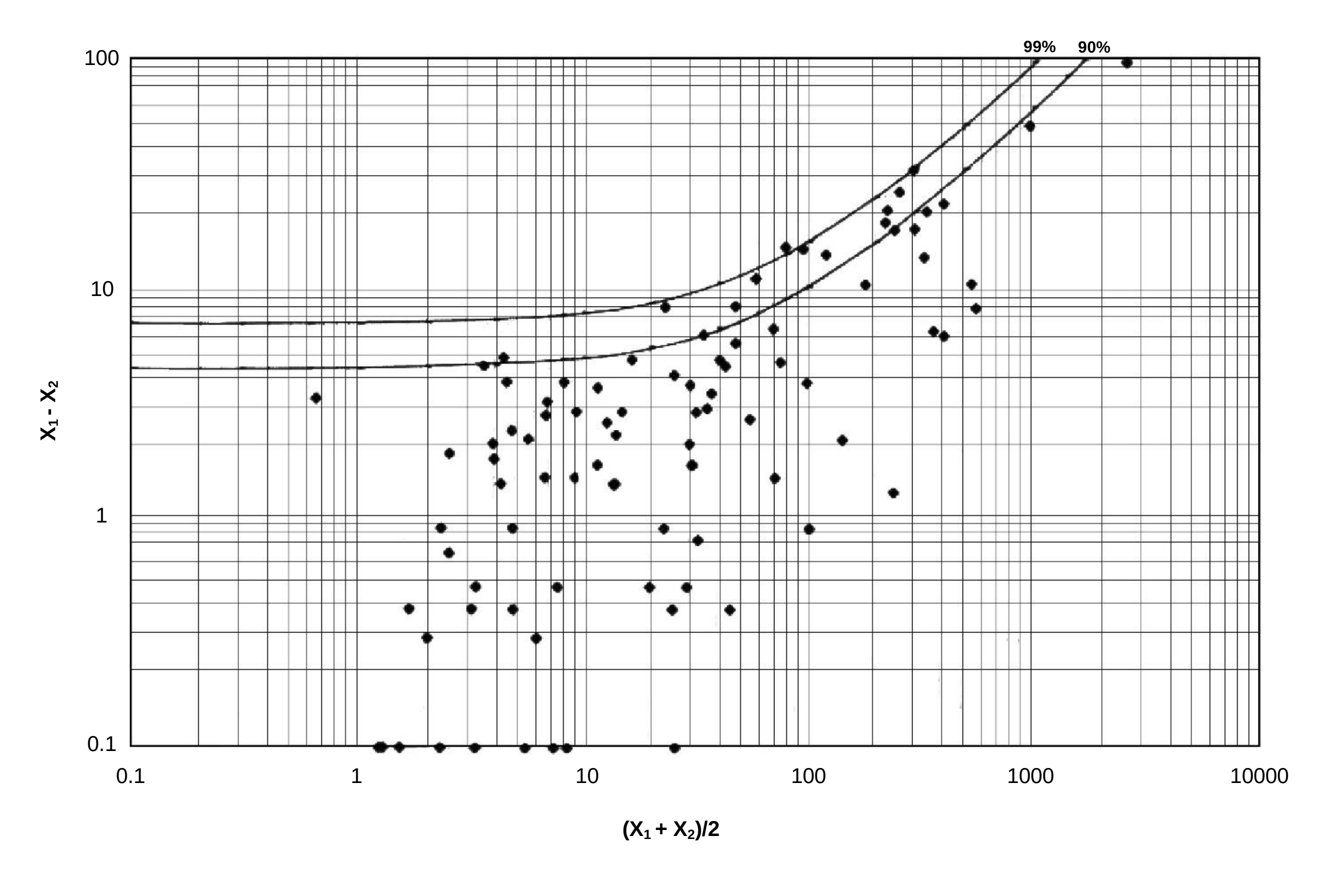


Figura 1. Arsénico, análisis duplicados. Precisión = 5%, DL = 4 ppm

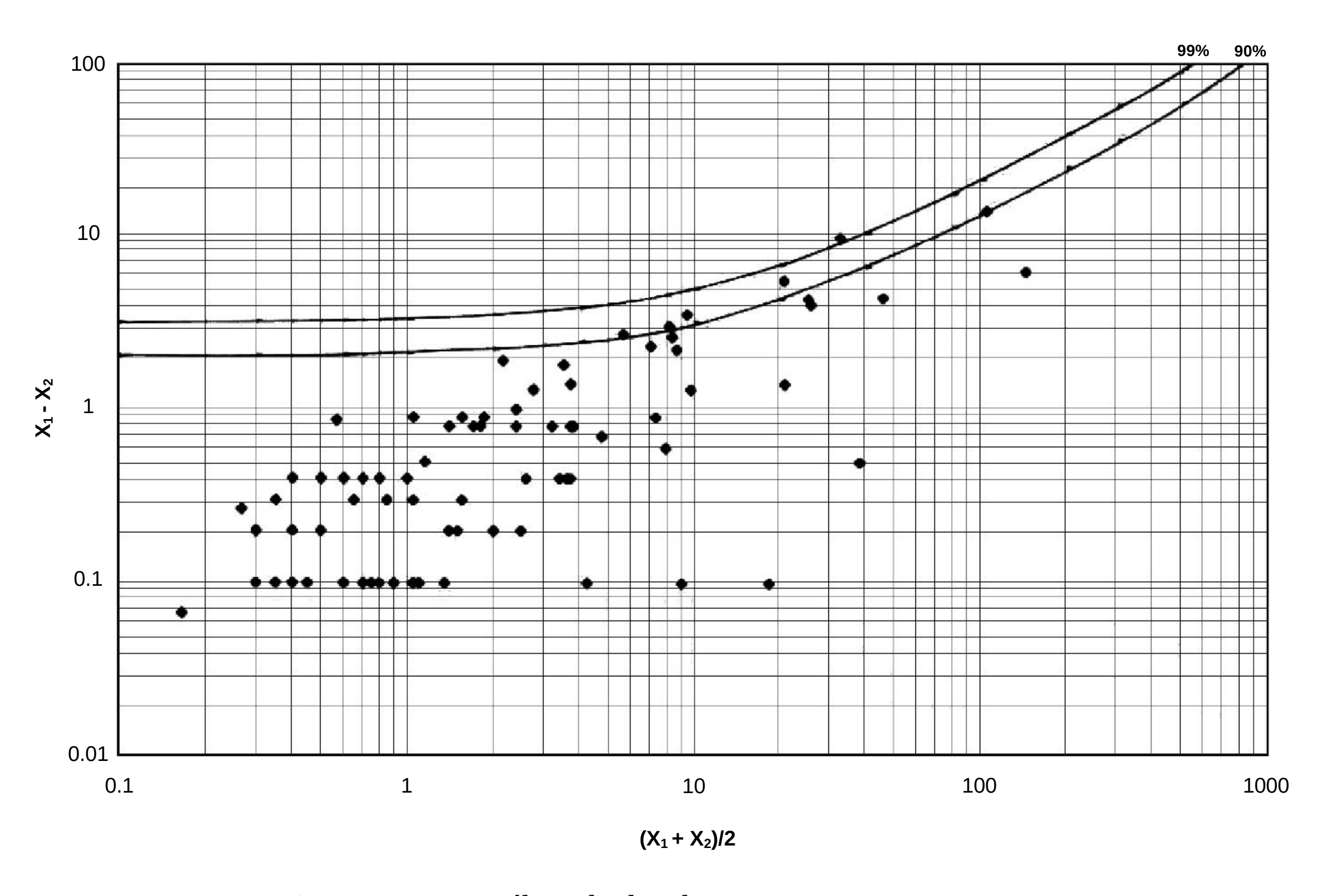


Figura 2. Antimonio, análisis duplicados. Precisión = 10%, DL = 1.9 ppm

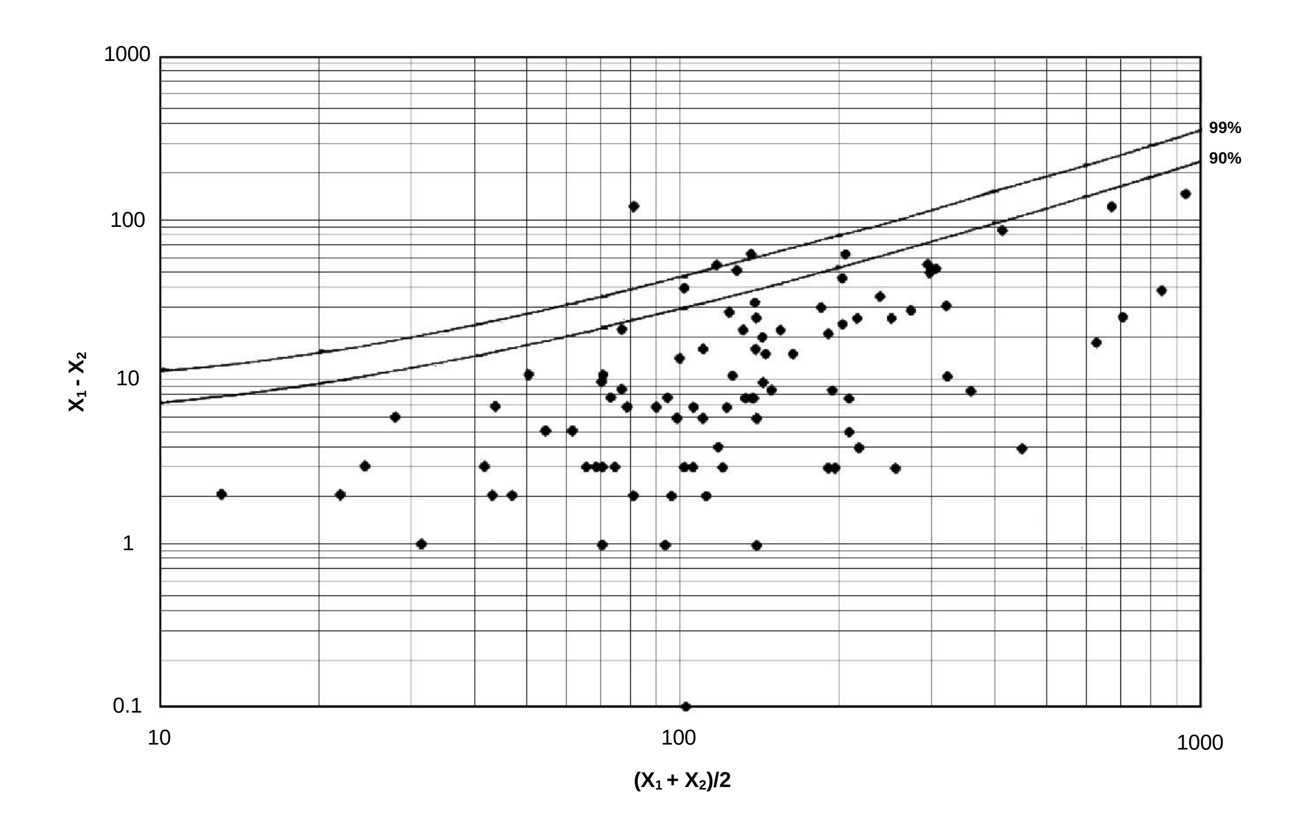


Figura 3. Bario, análisis duplicados. Precisión = 20%, DL = 5.4 ppm

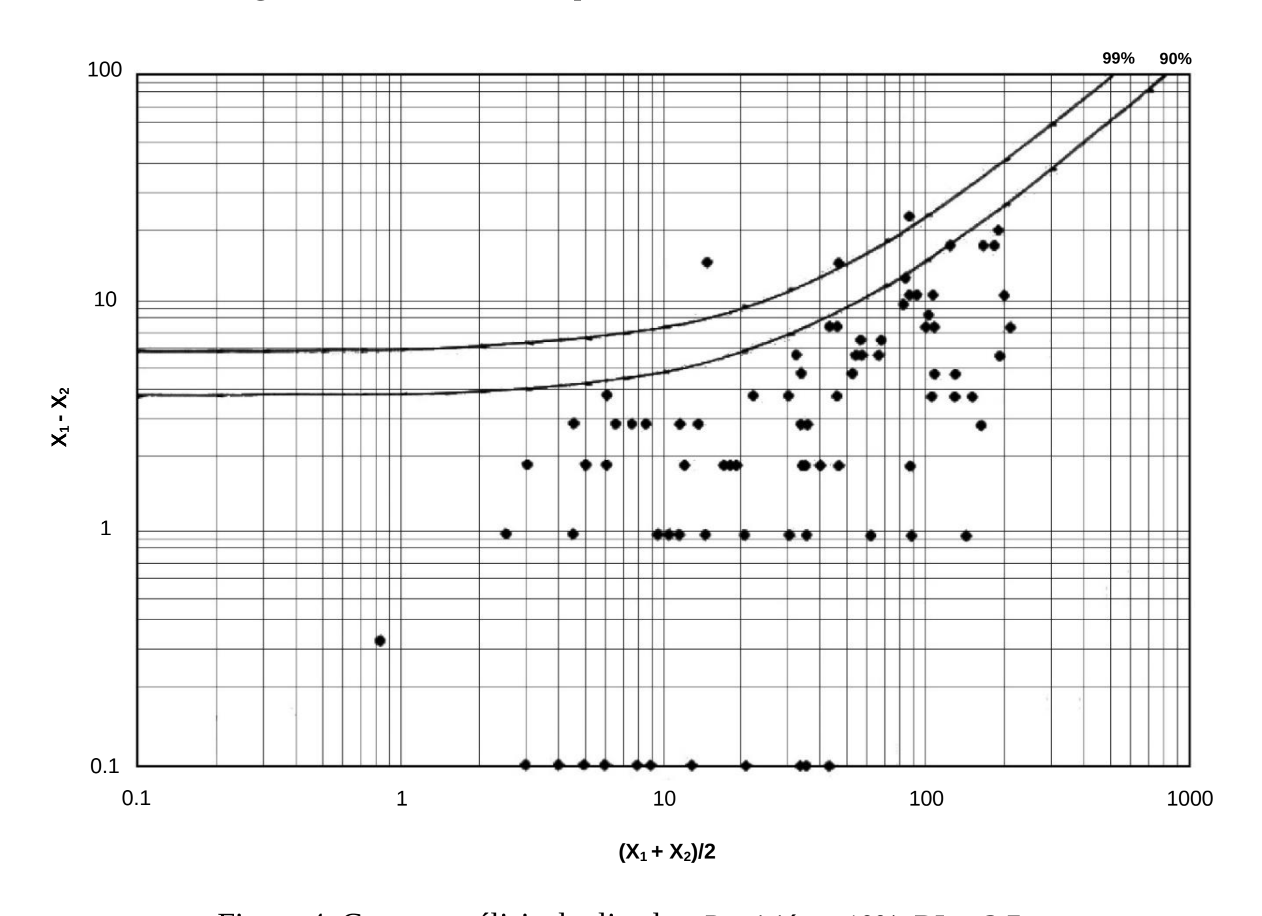


Figura 4. Cromo, análisis duplicados. Precisión = 10%, DL = 3.7 ppm

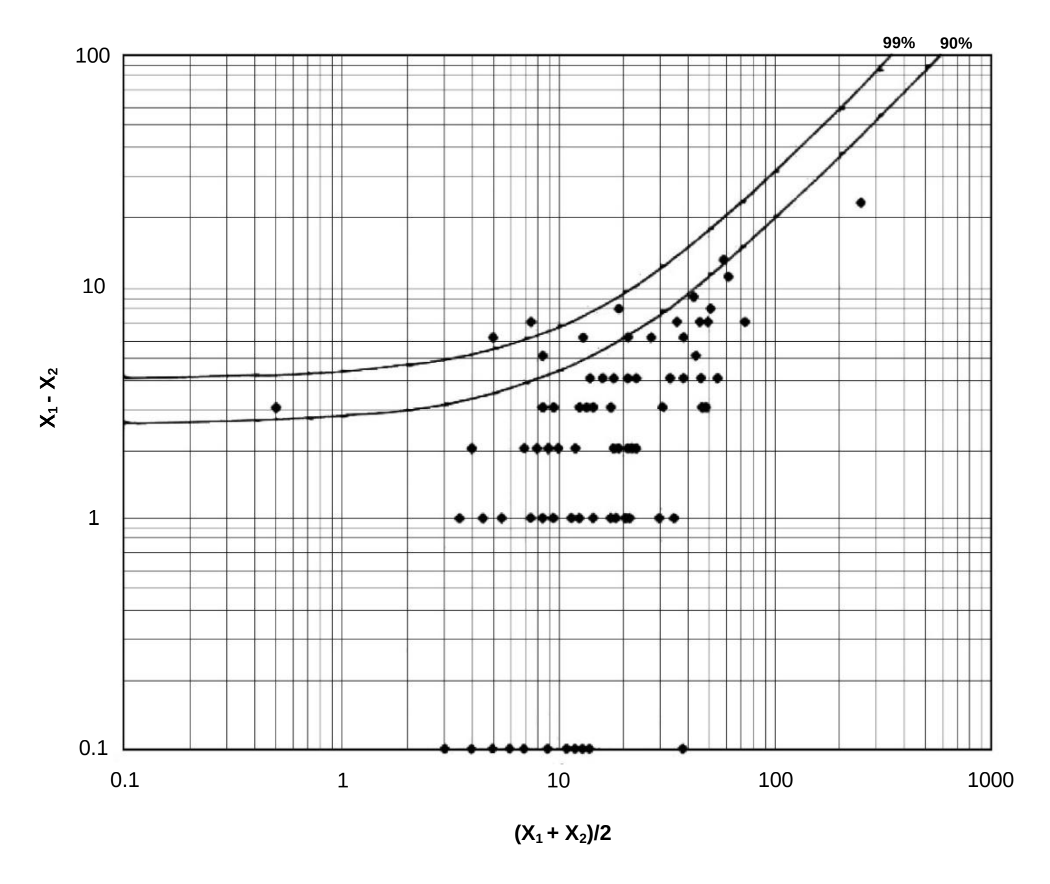


Figura 5. Cobalto, análisis duplicados. Precisión = 15%, DL = 2.6 ppm

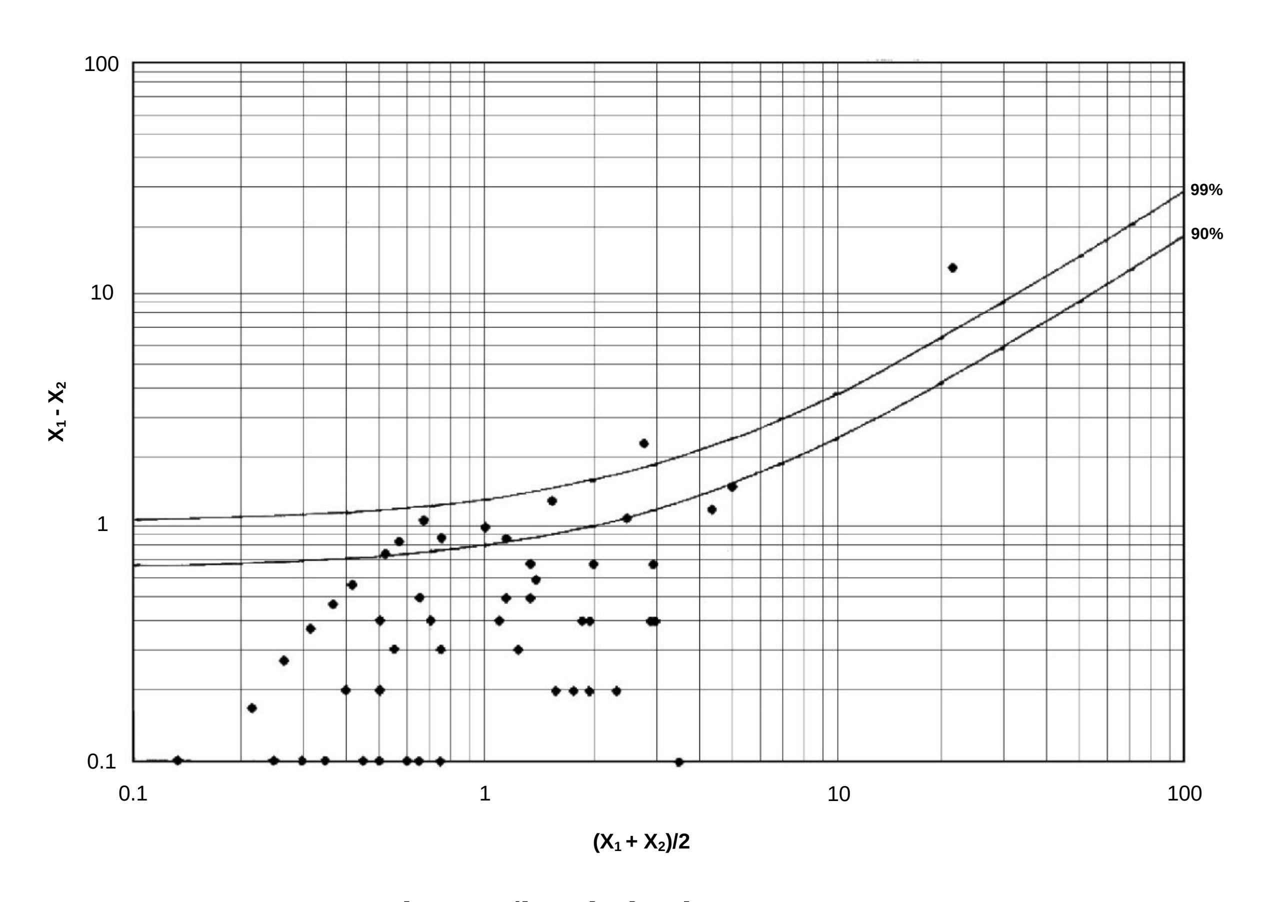


Figura 6. Cadmio, análisis duplicados. Precisión = 15%, DL = 0.67 ppm

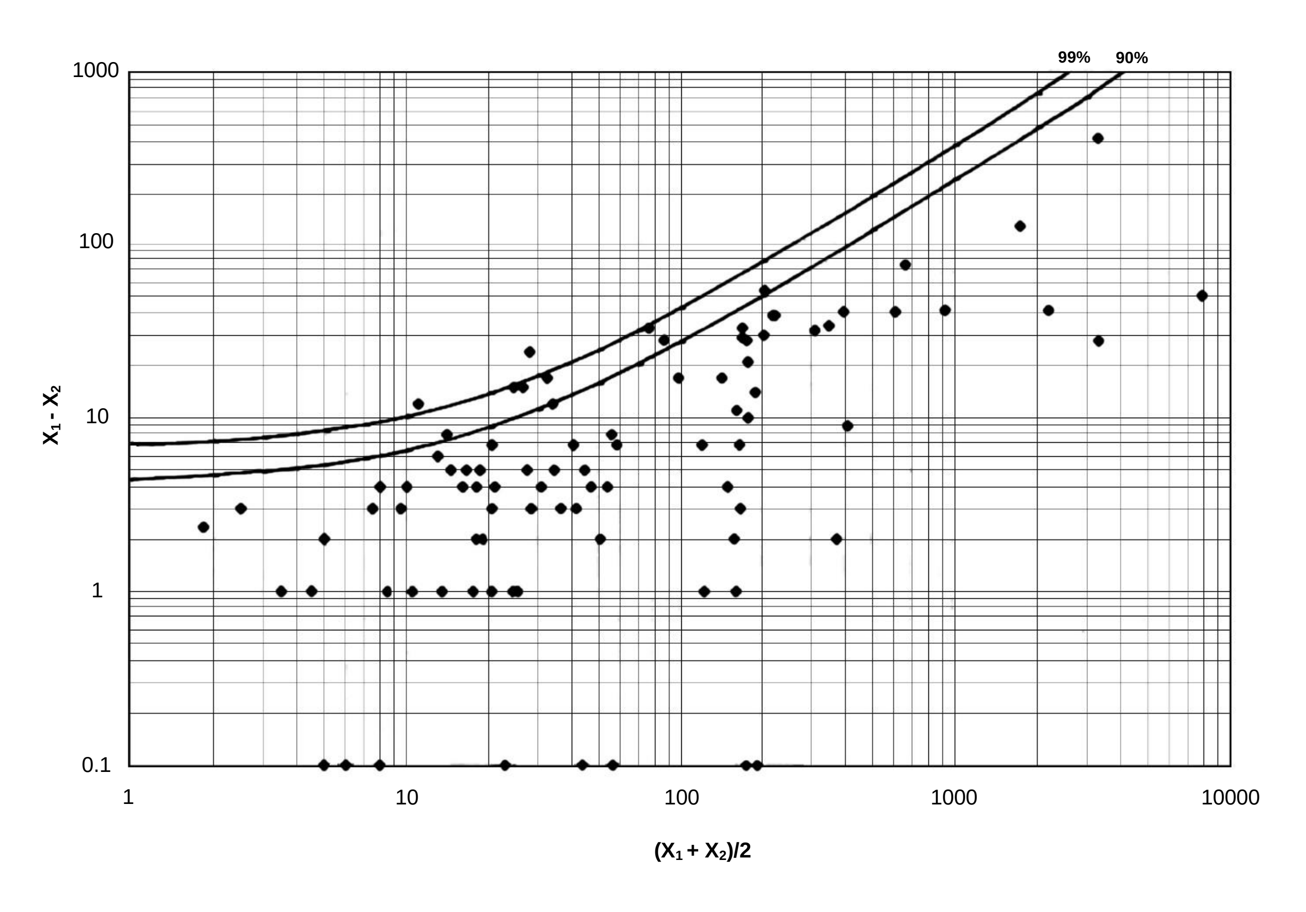


Figura 7. Cobre, análisis duplicados. Precisión = 20%, DL = 4.5 ppm

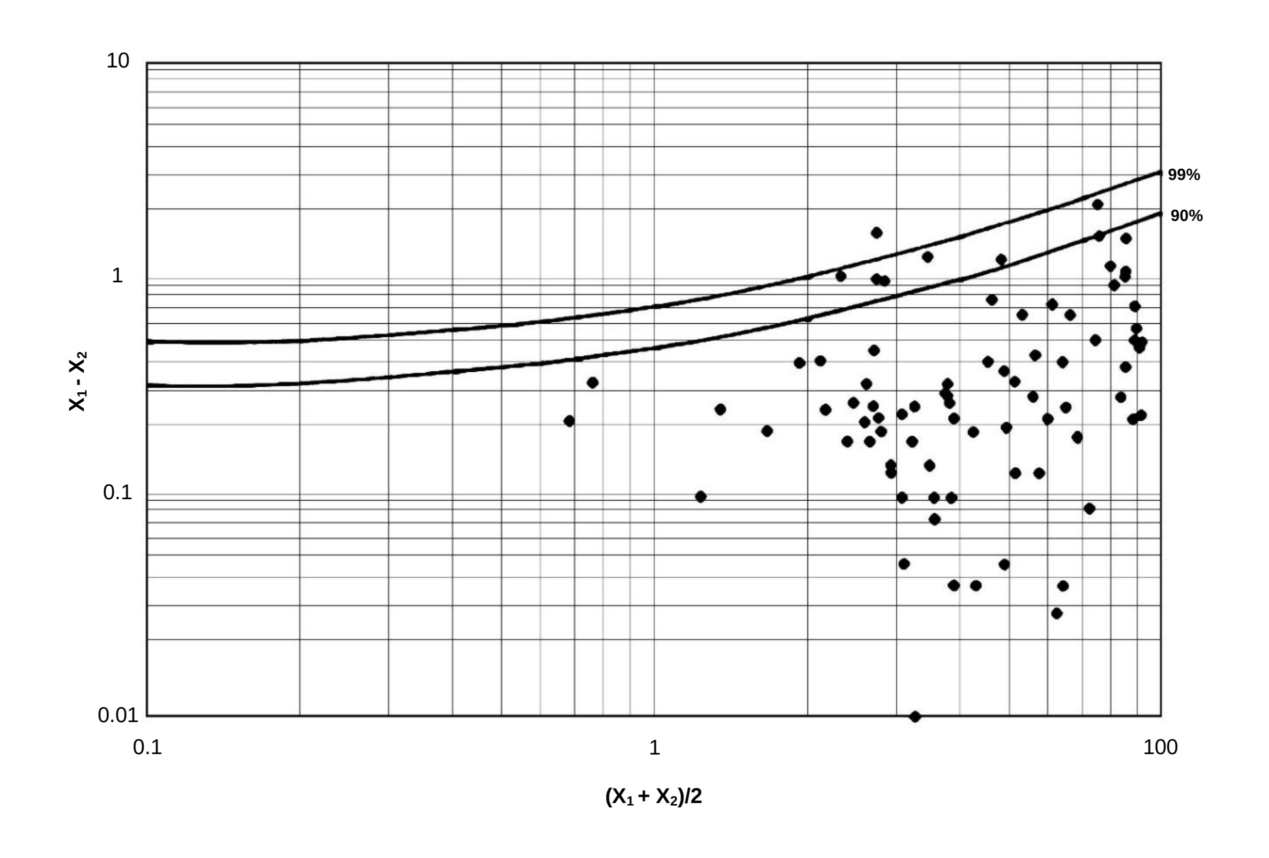


Figura 8. Hierro, análisis duplicados. Precisión = 15%, DL = 0.3%

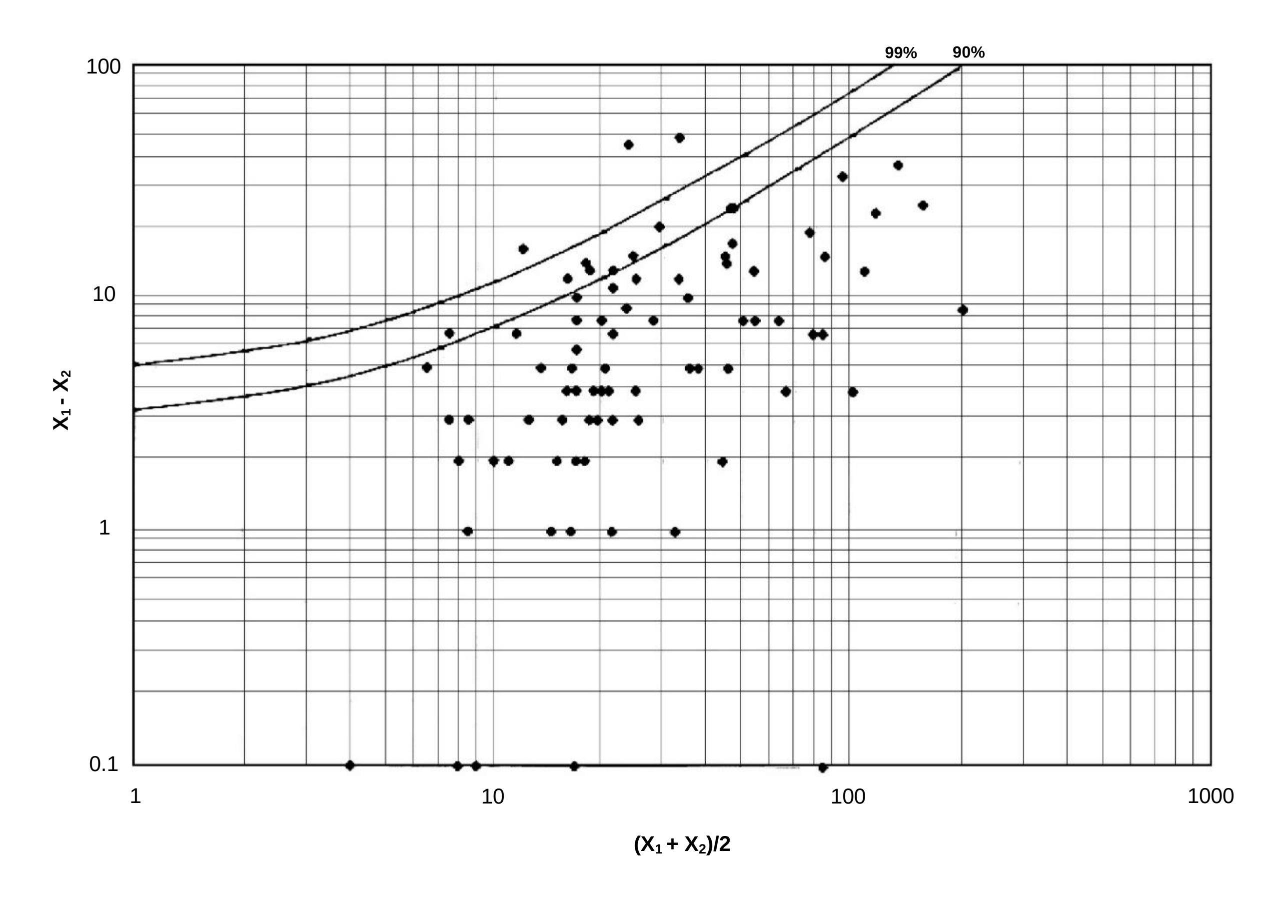


Figura 9. Plomo, análisis duplicados. Precisión = 40%, DL = 4 ppm

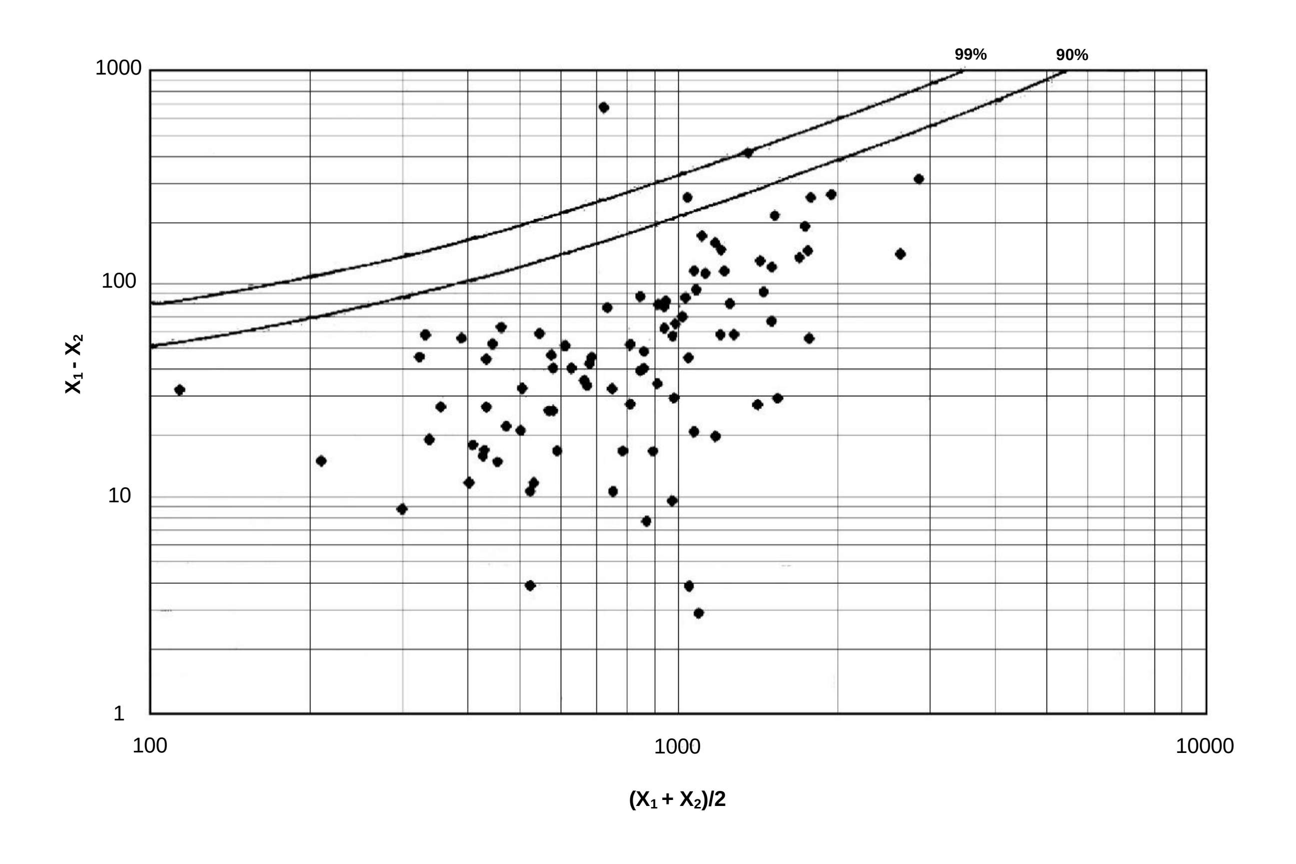


Figura 10. Manganeso, análisis duplicados. Precisión = 15%, DL = 34 ppm

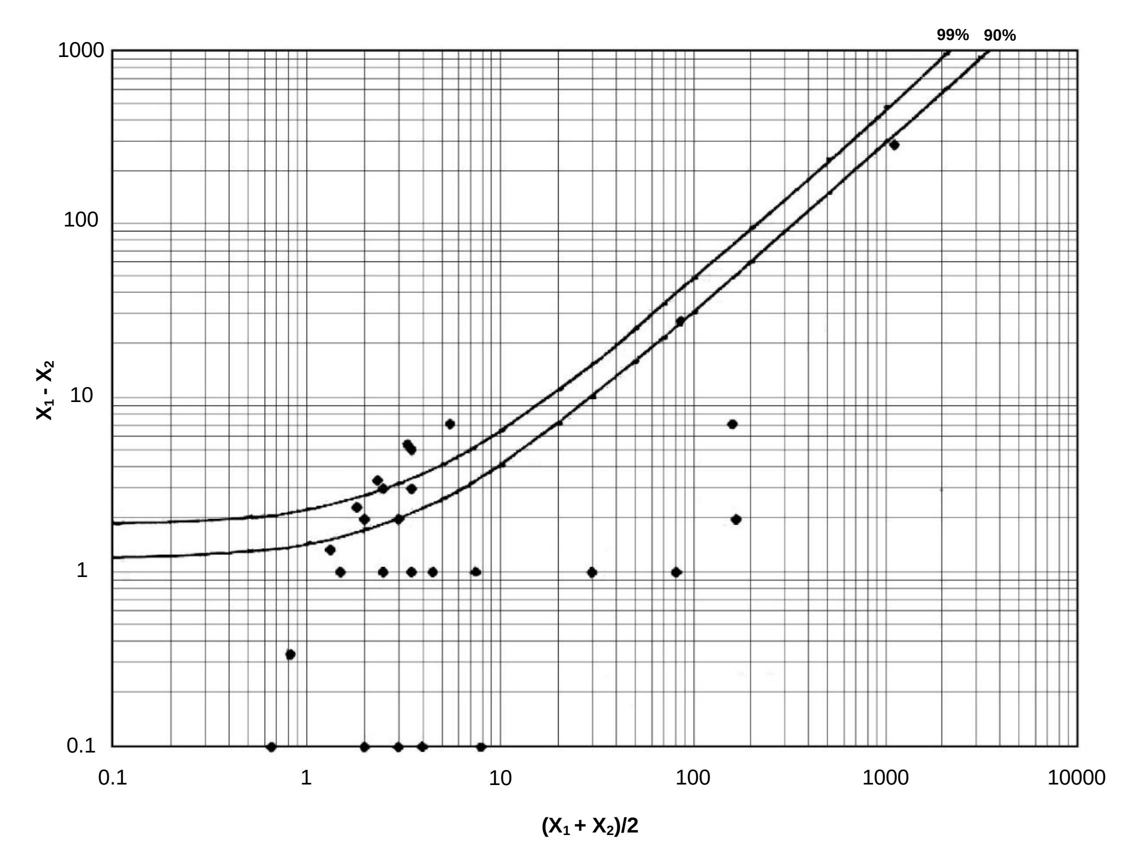


Figura 11. Molibdeno, análisis duplicados. Precisión = 25%, DL = 1.35 ppm

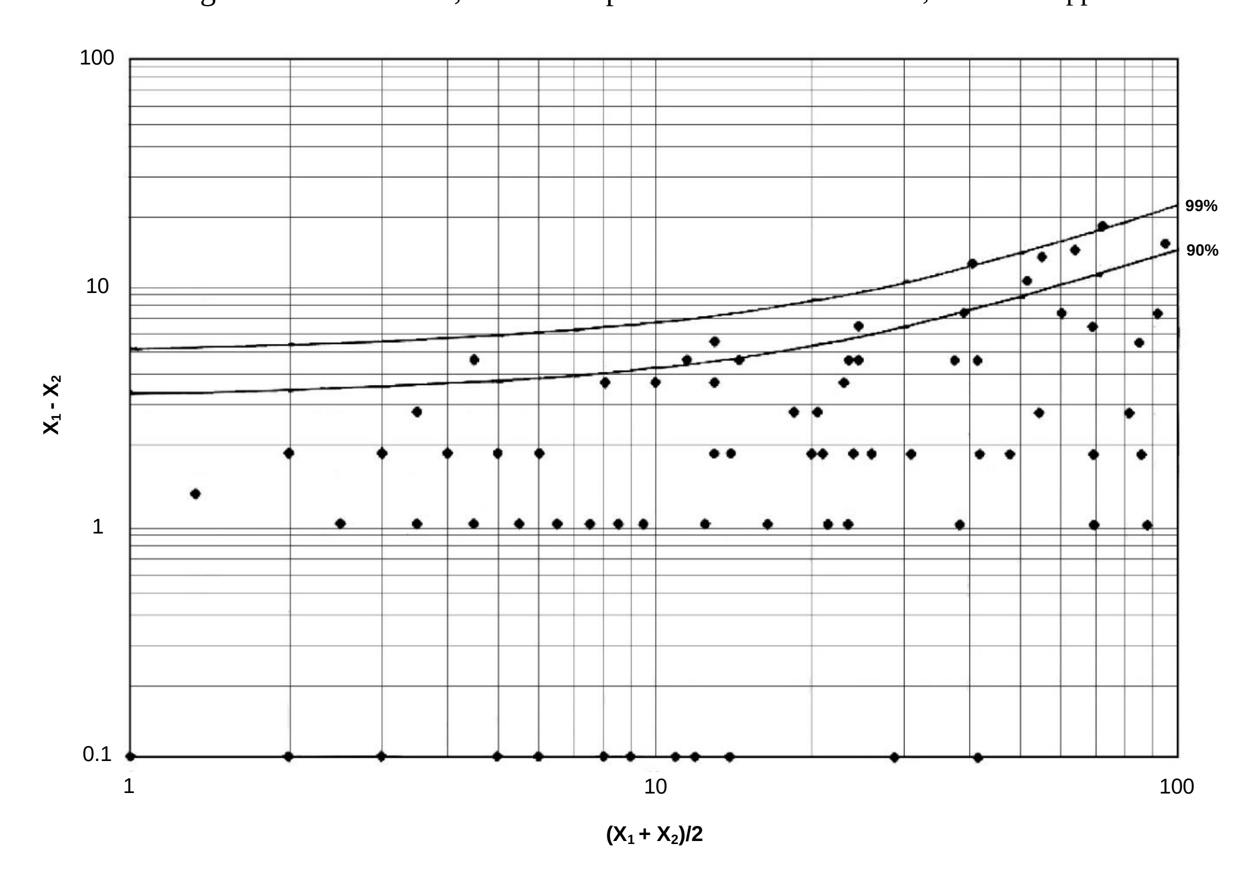


Figura 12. Níquel, análisis duplicados. Precisión = 10%, DL = 3.3 ppm

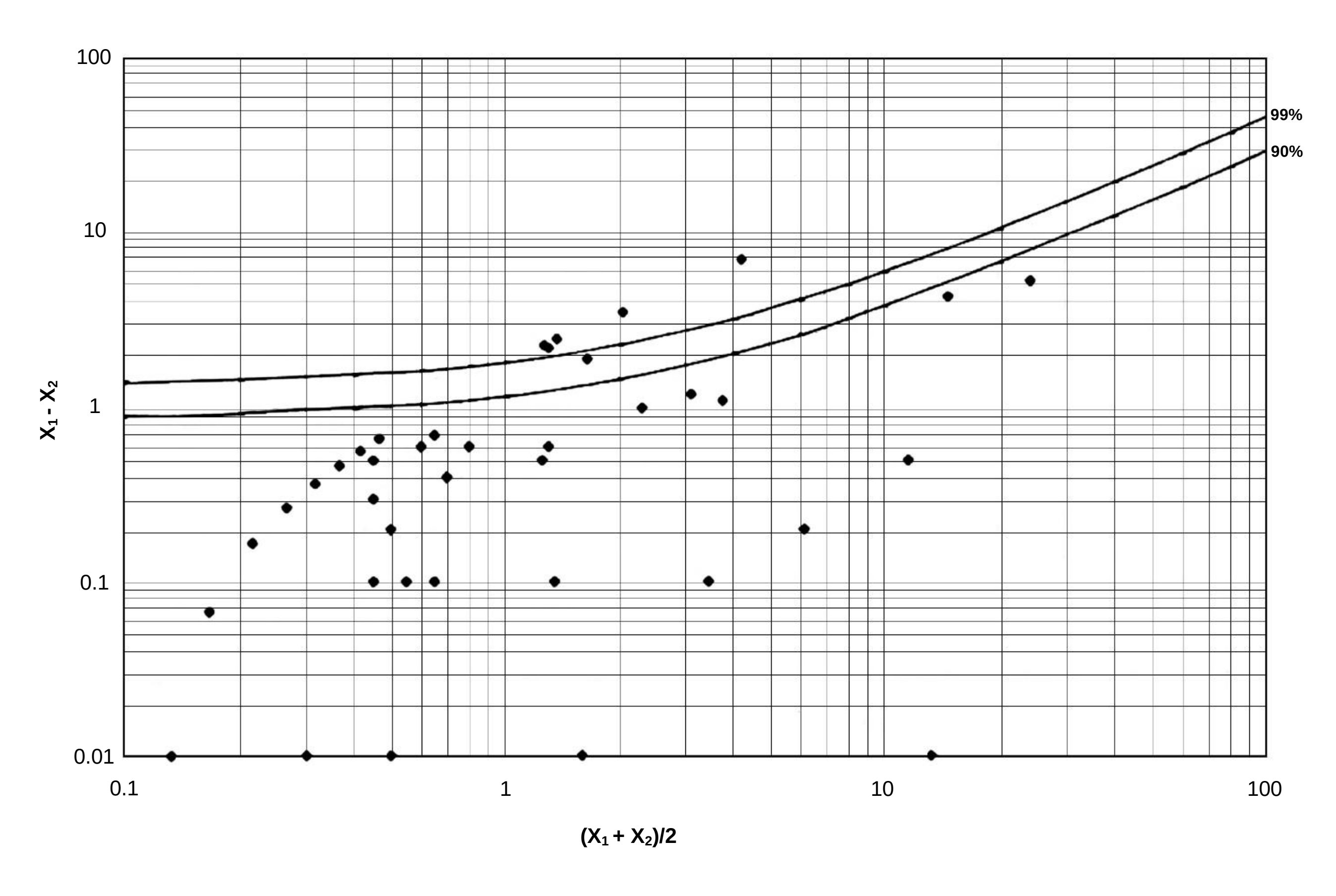


Figura 13. Plata, análisis duplicados. Precisión = 25%, DL = 1 ppm

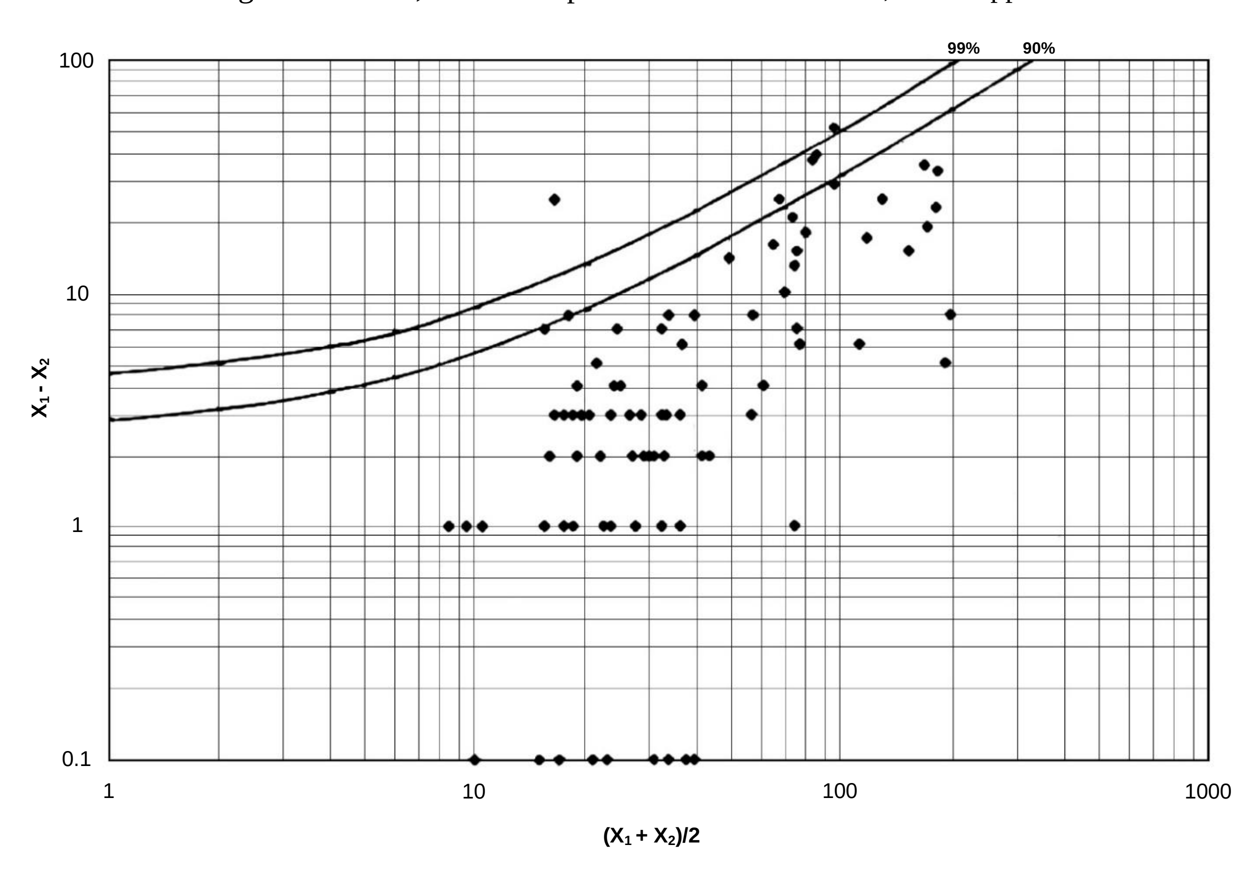


Figura 14. Estroncio, análisis duplicados. Precisión = 25%, DL = 3 ppm

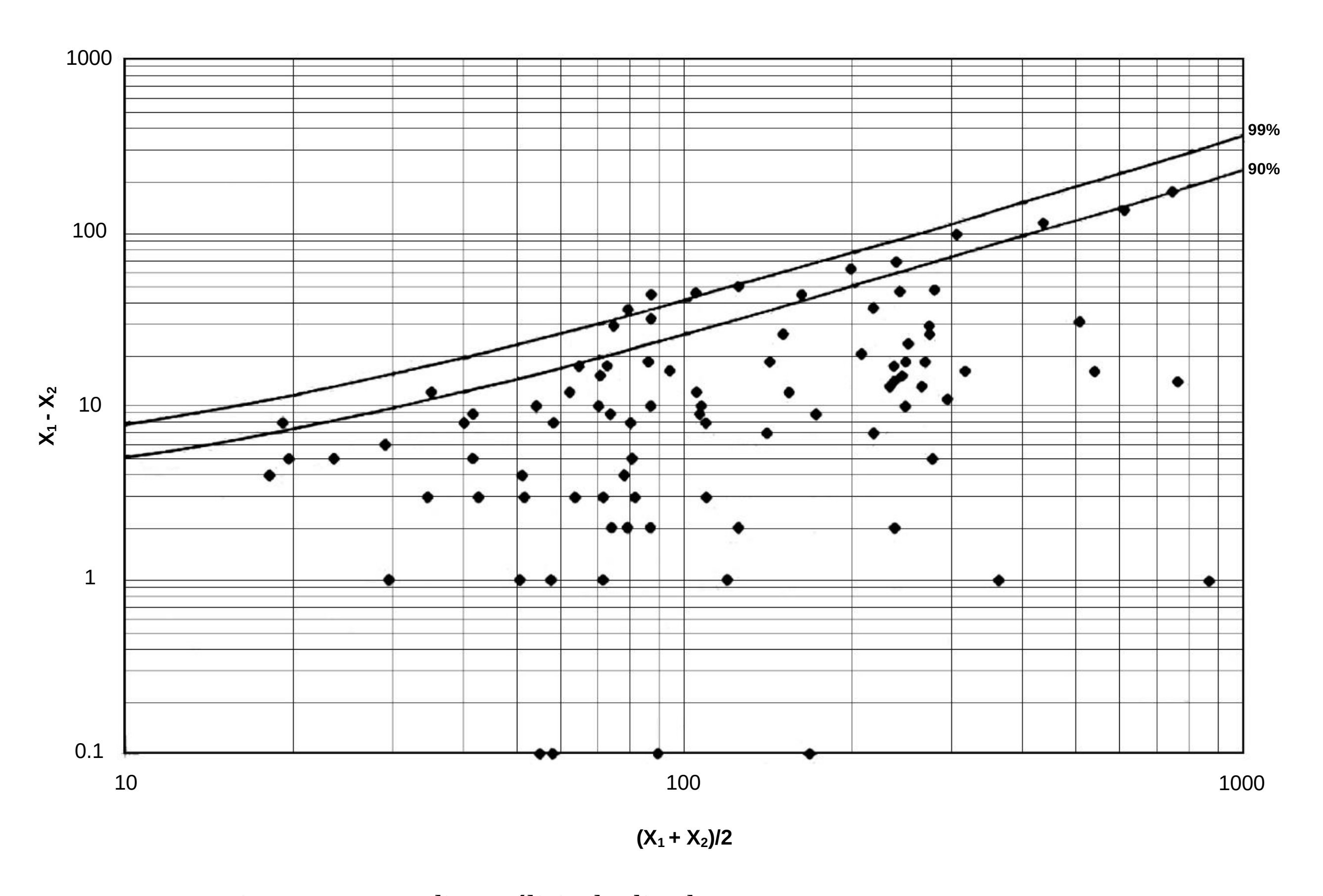


Figura 15. Vanadio, análisis duplicados. Precisión = 20%, DL = 3 ppm

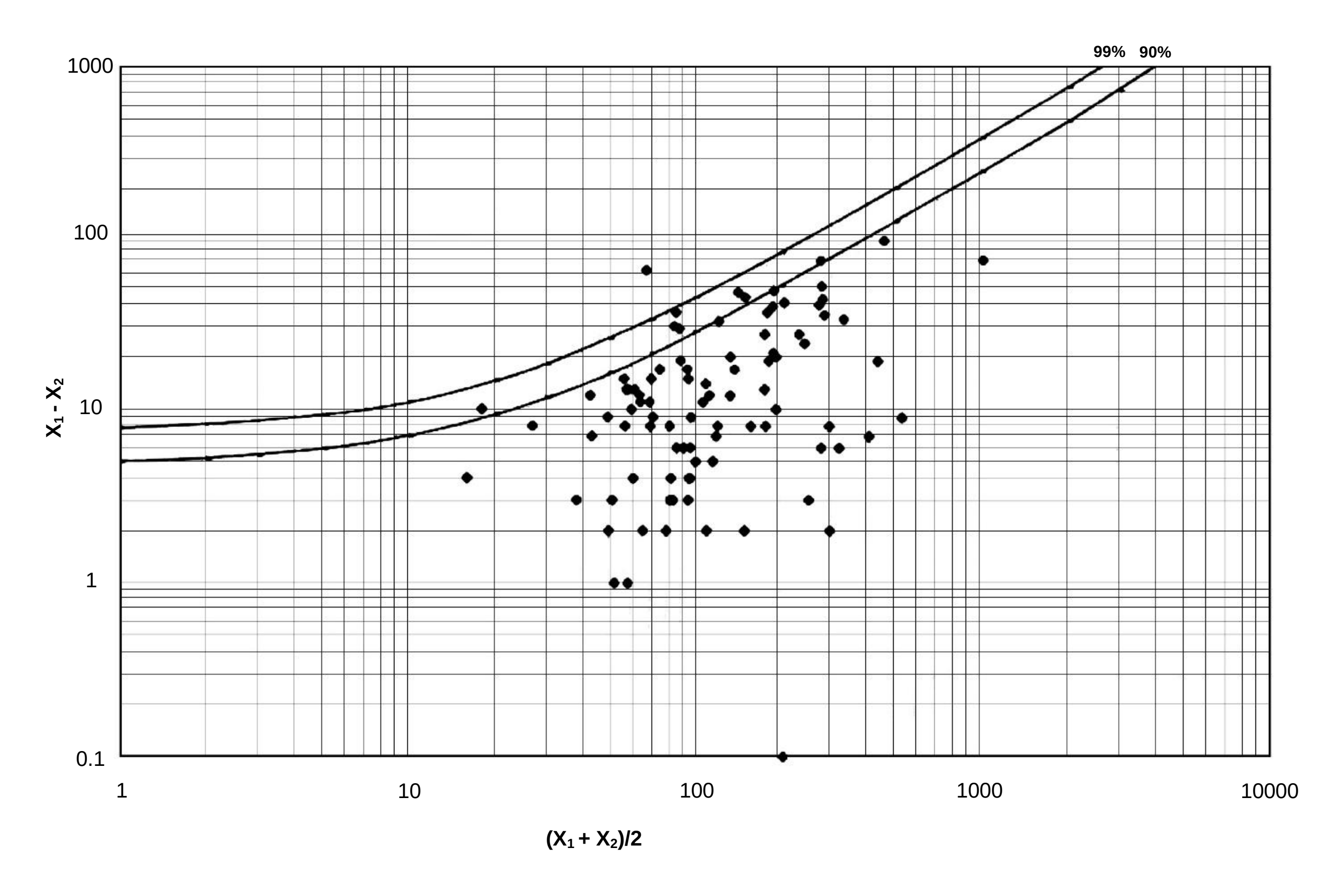
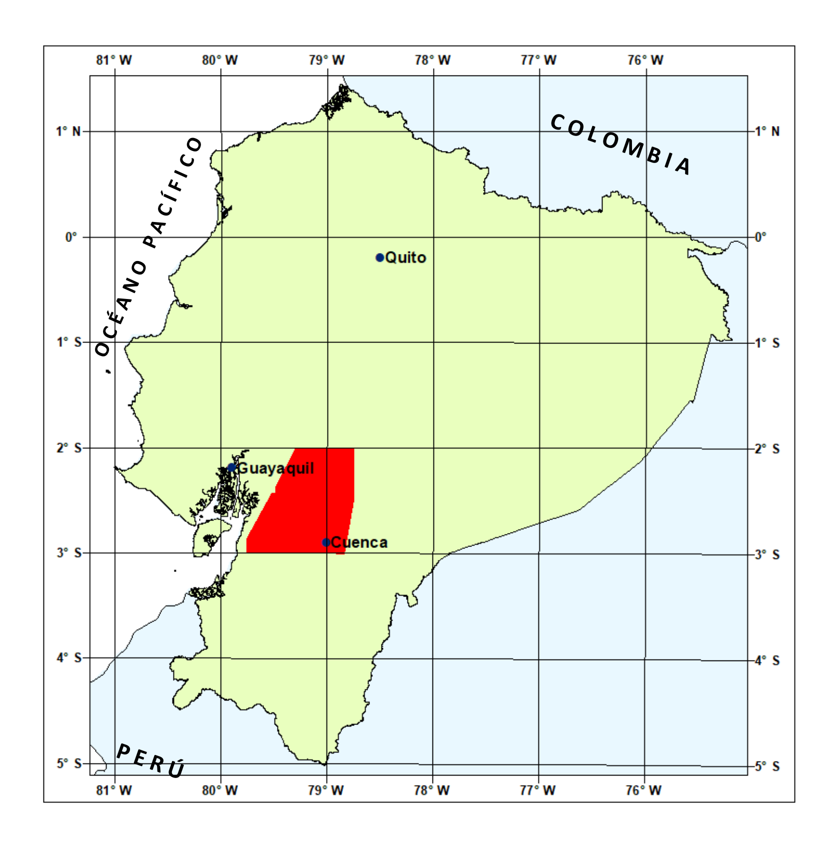


Figura 16. Zinc, análisis duplicados. Precisión = 20%, DL = 5 ppm

ANEXO 2 DEL INFORME:

INVESTIGACIÓN GEOQUÍMICA DE RECONOCIMIENTO DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL ECUADOR ENTRE 2°00' Y 3°00'S

DATOS DE ANÁLISIS DUPLICADOS



PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA (UBICACIÓN DEL ÁREA DEL MAPA 2)

QUITO, 1997

Datos de análisis duplicados para los estándares de control J-1, M-1, COR-1, CN, M-2 y PE enviados de forma repetida durante el análisis de muestras de campo de la Cordillera Occidental, sector 2-3°S. Los datos tienen unidades mg/kg, excepto el Fe cuyos valores se presentan en %. El cálculo de los cocientes de exactitud (AC) está disponible sólo para los estándares J-1, M-1 y COR-1.

Tabla 1. Estándar de control J-1. Los valores debajo del límite de detección se ajustan a 2/3 el límite de detección antes de calcular la media, desviación estándar y coeficiente de variación.

J-1	**Ag**	**Cu**	**Pb**	**Zn**	**Mo**	**Ni**	**Co**	**Fe**	**Mn**	**Ba**	**Cr**	**V**	**Sr**	**Li**	**As**	**Sb**	**Hg**
	0.3	200	7	69	2	9	9	4.55	381	67	39	149	20	6	21.6	3.4	0.096
	0.5	207	8	74	2	9	9	4.79	393	69	41	158	21	6	16.6	5.2	0.029
	0.3	178	8	74	3	9	10	4.78	381	68	40	158	20	6	20.3	1.7	0.181
	0.6	188	7	70	1	9	9	4.39	392	71	37	145	21	7	15.4	1.9	0.051
	0.5	189	7	71	2	9	10	5.04	387	68	48	169	21	6	14.1	1.4	0.048
	0.4	179	7	71	1	9	9	4.72	381	68	40	156	20	6	14.3	1.9	0.056
	0.5	194	7	73	2	8	9	4.82	384	71	40	160	21	6	17.3	2.3	0.065
	0.5	163	7	77	1	9	9	5.08	389	63	43	168	19	6	12.4	2.9	0.049
	0.9	192	7	74	1	9	9	5.12	397	62	43	167	19	6	22	1.8	0.084
	0.4	174	7	70	2	9	9	4.64	371	61	39	153	18	6	15.7	2.5	0.082
	0.133	174	4	67	2	8	9	4.08	368	62	35	139	20	5	11.1	1.4	0.055
	0.133	162	3	67	2	8	9	4.36	361	63	39	153	20	5	13.2	2.2	0.112
	0.133	162	2	59	1	10	9	4.61	368	62	36	145	19	5	12.2	1.6	0.093
	0.133	175	4	62	0.66	10	10	5.03	388	64	39	158	20	6	14	2	0.071
	0.133	161	1	57	1	10	9	4.29	368	56	36	146	18	5	14.1	2	0.103
	0.4	174	2	60	0.66	10	9	4.85	387	60	38	153	20	5	16.4	4.2	0.074
	0.133	182	7	72	2	6	6	4.59	371	67	36	154	23	7	11	1.9	0.047
	0.133	191	7	68	2	6	7	4.92	376	63	39	166	23	7	18	2.8	0.051
	0.133	191	7	68	3	7	5	4.84	436	69	38	159	22	6	12.7	2.6	0.158
	0.133	195	6	71	3	6	6	5.14	437	67	42	169	21	6	11.2	2.5	0.102
	0.133	166	3	56	1	8	8	3.47	356	62	28	118	19	5	19.3	4.2	0.085
	0.133	166	3	61	0.66	9	9	4.43	375	58	37	152	20	5	16.4	1.8	0.062
	0.133	210	8	73	2	10	11	5.14	417	74	45	190	23	7	12.6	3.4	0.088
	4.7	187	9	72	2	11	11	4.59	408	73	40	169	23	7	13.5	2.9	0.094
	0.133	179	1.33	66	1	10	10	4.88	425	62	41	160	22	5	14.5	2.4	0.054
	0.3	181	4	68	1	9	9	4.73	432	68	39	162	23	6	16.2	1.5	0.049
	0.3	168	1.33	62	0.66	8	9	4.42	396	61	36	150	21	6	11	3.1	0.218
	0.4	192	1.33	64	0.66	9	9	4.78	416	61	41	164	21	6	10.7	6.6	0.194
Media	0.45	181.43	5.21	67.71	1.55	8.71	8.82	4.68	390.75	65.00	39.11	156.79	20.64	5.89	14.92	2.65	0.09
SD	0.85	13.74	2.55	5.64	0.75	1.27	1.36	0.36	22.79	4.55	3.63	12.72	1.50	0.69	3.20	1.21	0.05
CV	187.91	7.57	48.99	8.32	48.55	14.60	15.44	7.77	5.83	6.99	9.29	8.11	7.25	11.63	21.45	45.56	54.02
AC*	2.27	1.04	1.49	1.11	0.97	0.83	0.82	0.96	0.83	0.88	0.88	1.05	0.72	1.00	1.19	0.80	1.75

AC* = ACCURACY QUOTIENT = MEDIA/BGS CERTIFIED VALUE

Tabla 2. Estándar de control M-1. Los valores debajo del límite de detección se ajustan a 2/3 el límite de detección antes de calcular la media, desviación estándar y coeficiente de variación.

M-1	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Co	Fe	Mn	Ba	Cr	V	Sr	Li	As	Sb	Hg
	0.5	87	8	67	1	14	12	6.99	362	60	60	253	30	6	11.5	1.0	0.040
	0.2	89	13	64	1	14	12	6.81	360	61	57	245	30	6	8.2	0.7	0.047
	0.5	81	16	61	1	12	11	6.13	333	53	50	218	27	6	12.4	2.4	0.043
	0.4	88	11	63	2	13	12	6.34	349	60	54	229	30	6	7.8	1.1	0.019
	0.5	85	7	66	0.66	13	11	6.52	355	57	56	234	30	6	8.5	0.9	0.027
	0.4	82	8	66	0.66	13	12	6.77	362	64	56	244	30	6	8.9	1.0	0.039
	0.6	76	10	66	0.66	13	11	6.34	352	53	53	223	28	6	10.5	0.9	0.043
	0.8	83	10	66	0.66	13	11	6.73	357	53	57	237	27	6	9.4	0.7	0.038
	0.6	79	7	65	0.66	12	11	6.20	339	52	52	220	27	5	8.1	1.2	0.036
	0.5	82	11	64	0.66	13	11	6.64	345	51	55	240	26	5	9.0	1.8	0.038
	0.133	80	4	61	2	13	11	6.44	341	51	52	218	26	5	7.8	1.2	0.037
	0.133	77	11	63	2	13	11	5.81	336	54	50	216	25	5	7.5	0.6	0.074
	0.4	76	2	58	0.66	15	12	7.88	358	55	58	263	29	5	7.9	2.6	0.038
	0.3	76	5	57	6	16	12	8.47	362	53	81	285	29	5	9.4	0.7	0.054
	0.2	85	1.33	58	0.66	14	12	7.38	385	50	63	272	29	5	9.0	1.3	0.035
	0.133	91	3	51	2	13	11	6.26	349	48	53	230	28	5	9.3	1.9	0.054
	0.133	89	7	66	4	10	7	6.94	344	60	56	257	36	7	14.7	1.5	0.030
	0.133	88	9	66	4	11	7	6.86	351	57	56	258	37	7	12.1	1.4	0.053
	0.133	86	9	70	4	8	7	7.32	422	63	58	265	36	7	6.4	0.9	0.030
	0.133	83	9	63	3	10	6	6.50	374	57	52	232	30	6	8.6	2.4	0.078
	0.2	69	2	53	3	18	11	6.37	336	46	61	235	26	5	10.6	1.2	0.015
	0.3	78	2	51	1	13	10	5.57	315	48	50	203	26	5	9.7	0.133	0.030
	0.133	79	7	57	0.66	13	12	6.45	359	62	55	253	31	7	7.7	1.2	0.025
	0.133	89	8	56	1	13	11	5.54	344	64	50	223	31	7	8.3	0.5	0.055
	0.2	75	1.33	57	0.66	13	11	6.44	372	51	56	230	33	5	9.1	1.0	0.026
	0.133	78	1.33	57	0.66	12	11	6.62	381	52	55	234	34	5	6.9	0.9	0.020
	0.3	85	1.33	55	0.66	13	11	6.45	359	55	53	236	31	5	8.2	1.4	0.016
	0.4	92	3	57	0.66	13	11	6.88	361	49	58	256	32	5	6.7	1.5	0.034
Media	0.31	82.43	6.69	60.86	1.63	12.89	10.64	6.63	355.82	54.96	55.96	239.61	29.79	5.68	9.08	1.22	0.040
SD	0.19	5.68	4.05	5.22	1.42	1.83	1.70	0.62	19.86	5.17	5.95	19.09	3.21	0.77	1.86	0.58	0.020
CV	60.76	6.89	60.61	8.58	87.25	14.21	16.01	9.34	5.58	9.40	10.63	7.97	10.79	13.60	20.44	47.98	40.16
AC*	1.54	1.04	0.96	1.21	1.63	0.92	0.83	0.95	0.86	0.75	0.86	1.06	0.62	1.03	1.30	0.87	3.84

AC* = ACCURACY QUOTIENT = MEDIA/BGS CERTIFIED VALUE

Tabla 3. Estándar de control COR-1. Los valores debajo del límite de detección se ajustan a 2/3 el límite de detección antes de calcular la media, desviación estándar y coeficiente de variación.

COR-1	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Co	Fe	Mn	Ba	Cr	V	Sr	Li	As	Sb	Hg
	0.4	22	13	58	0.66	15	12	7.27	329	51	61	268	35	6	5.5	0.133	0.030
	0.4	29	10	59	0.66	16	12	7.60	335	50	61	279	35	6	5.9	0.3	0.023
	0.3	21	33	62	0.66	16	12	8.11	347	50	67	306	34	6	5.4	0.4	0.023
	0.2	22	8	66	0.66	17	13	8.43	355	56	71	317	36	6	7.0	0.3	0.014
		20	6	56	0.66	15	12	7.07	316	52	60	264	33	6	5.5	0.4	0.010
	0.3	21	11	63	0.66	16	13	7.88	336	53	66	297	36	6	5.9	0.3	0.090
	0.4	21	10	60	0.66	14	12	7.69	333	49	64	291	35	6	5.5	0.4	0.011
	0.3	22	8	58	0.66	15	12	7.34	330	52	61	277	35	6	5.0	1.4	0.018
	0.6	19	8	61	0.66	15	12	7.55	325	52	63	281	32	5	6.3	0.4	0.021
	0.5	19	8	60	0.66	15	11	7.21	310	49	62	269	30	5	5.1	0.6	0.010
	0.133	19	8	56	1	15	12	7.59	333	47	60	265	32	5	5.3	0.133	0.037
	0.133	19	4	61	2	16	12	7.23	334	46	66	282	31	5	5.4	0.2	0.023
	0.5	20	4	50	0.66	18	12	8.12	329	47	60	277	33	5	5.3	0.3	0.032
	0.4	20	17	54	0.66	17	12	8.52	329	47	62	292	34	5	4.9	1.0	0.027
	0.3	20	1.33	47	0.66	15	12	7.30	324	41	61	272	32	4	4.8	0.5	0.018
	0.3	22	2	51	0.66	17	12	7.72	341	46	66	295	36	5	5.3	0.6	0.026
	0.133	15	19	60	2	12	8	7.60	340	50	62	285	45	7	5.5	0.6	0.018
	0.133	12	6	49	3	10	7	6.56	279	49	54	253	36	6	4.2	0.4	0.01
	0.133	16	9	59	2	11	6	7.46	347	54	61	282	37	6	4.1	0.4	0.015
	0.133	29	9	57	4	12	7	7.26	351	54	60	274	39	6	1.2	0.4	0.015
	0.3	24	1.33	48	0.66	15	11	6.93	313	44	56	262	33	5	6.4	0.5	0.028
	0.133	22	5	51	0.66	16	11	6.88	323	43	57	264	34	5	6.5	0.133	0.017
	0.133	15	12	61	0.66	16	15	7.87	343	56	69	328	37	6	4.8	0.3	0.015
	0.133	27	13	51	0.66	16	13	6.86	312	53	61	290	32	6	4.7	0.3	0.06
	0.3	21	2	53	0.66	17	12	7.94	364	45	67	293	40	5	5.0	0.5	0.016
	0.2	22	1.33	55	0.66	17	13	8.83	372	43	74	330	39	5	5.4	0.4	0.017
	0.4	20	1.33	48	0.66	14	11	6.83	329	44	56	255	39	5	4.0	0.5	0.05
	0.4	21	1.33	52	0.66	16	12	7.44	347	47	61	282	40	5	4.3	0.5	0.053
Media	0.29	20.71	8.27	55.93	1.02	15.14	11.39	7.54	333.07	48.93	62.46	283.21	35.36	5.50	5.15	0.44	0.03
SD	0.14	3.73	6.81	5.21	0.83	1.90	2.01	0.54	18.26	4.08	4.53	19.67	3.32	0.64	1.06	0.26	0.02
CV	48.40	18.01	82.35	9.32	81.34	12.54	17.61	7.20	5.48	8.34	7.26	6.94	9.40	11.61	20.54	58.79	69.30
AC*	1.43	0.90	1.65	1.30	2.04	0.62	0.77	0.93	0.89	0.76	0.76	0.96	0.58	0.92	1.03	0.73	2.60

AC* = ACCURACY QUOTIENT = MEDIA/BGS CERTIFIED VALUE

Tabla 4. Estándar de control CN. Los valores debajo del límite de detección se ajustan a 2/3 el límite de detección antes de calcular la media, desviación estándar y coeficiente de variación.

CN	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Co	Fe	Mn	Ba	Cr	V	Sr	Li	As	Sb	Hg
	11.3	400	127	74	47	3	15	8.58	311	155	26	128	9	6	381.6	293.2	0.422
	13.5	433	124	66	43	3	15	7.77	313	146	23	110	9	6	367.4	295.8	0.409
	17.0	402	128	67	44	3	16	7.87	295	149	24	109	9	6	363.5	262.5	0.429
	16.1	416	127	72	46	3	16	9.03	293	158	30	144	9	6	371.7	291.7	0.393
	13.9	363	117	67	41	3	15	7.90	285	152	24	116	9	6	366.3	281	0.365
	19.4	392	133	67	50	5	14	9.69	318	154	30	131	11	5	401.9	295.2	0.324
	28.8	434	142	77	57	7	16	9.85	340	163	29	129	11	6	404.6	273.1	0.297
	27.2	388	117	67	44	6	13	8.73	317	149	26	114	10	6	366.7	288.2	0.281
	11.2	377	123	60	46	5	13	8.86	296	146	28	119	10	6	375.9	307.4	0.357
	9.7		122	71	41	6	14	8.10	313	147	27	125	11	6	389.8	257.4	0.318
	5.6	371	125	66	46	4	18	7.49	269	172	28	124	9	6	413	291.7	0.345
	11.3	429	135	83	50	7	19	8.59	340	187	32	146	11	7	376	290	0.363
	8.8	342	146	64	42	5	15	8.54	280	165	27	123	9	6	389.6	304.7	0.487
	13.8	274	133	49	16	0.666		5.33		117	16	89	7	5	352.3	258.7	0.378
	33.4	386	120	59	43	5	15	8.75	256	136	27	126	9	6	375	276.9	0.413
	15.1	399	141	65	51	6	17	8.60	296	170	27	137	10	6	428.3	316	0.378
	17.4	379	123	61	42	4	19	7.78	269	170	29	127	10	6	399.1	244.2	0.375
	23.4	466	125	77	44	6	15	8.09	331	136	27	119	11	6	386.1	326.7	0.301
		372	100	57	38	4	15	7.34	263	152	19	98	9	6	398.7	294.5	0.288
	13.8	347	113	58	43	5	16	9.18	298	140	24	124	10	6	391.1	303.5	0.255
	10.6	419	129	73	44	4	18	8.89	315	164	29	134	10	6	389.6	274.5	0.362
	11.1	402	147		43	4	18	7.53	283	154	26	115	10	6	372.5	302.0	0.297
	10.9	404	113	61	42	6	13	8.48	295	144	23	120	9	6	378.3	321.3	0.289
	23	419	111	72	47	6	14	8.95	337	163	28	133	11	7	392.9	305.0	0.275
	13.9	398	146	65	53	2	15	8.40	284	141	28	122	9	6	396.9	296.5	0.279
	12.6	399	140	66	49	5	17	8.11	299	176	29	143	10	6	387.0	278.7	0.346
	13.3	464	128	73	51	5	15	9.30	350	151	31	144	11	6	405.9	299.0	0.398
	11.9	392	100	71	48	6	14	7.98	321	126	25	121	10	6	366.3	279.8	0.277
	10.8	405	117	73	48	6	15	9.38	343	149	30	144	11	5	398.1	308.5	0.286
	30.4	404	114	69	47	7	15	8.64	334	135	28	132	10	4	422.1	288.5	0.428
	13.5	403	114	70	43	5	15	8.34	289	130	26	128	10	3	400.0	328.3	0.350
	18.2	435	116	72	46	6	14	8.63	318	130	25	121	10	5	402.9	301.9	0.334
	16.3	406	108	65	48	6	14	8.47	336	139	26	124	10	6	399.1	290.9	0.299
	14	471	115	72	49	5	14	8.81	326	139	28	132	10	6	402.7	282.7	
	15.6	459	109	71	42	6	13	8.19	327	135	25	123	10	7	400.9	285.2	0.459
	7.1	381	125	69	39	5	15	7.18	282	141	23	105	10	6	387.5	276.0	0.449
	12.7	393	134	76	44	5	17	7.97	293	159	24	129	10	6	377.9	238.5	0.299
	28	448	121	71	48	8	15	9.24	325	137	29	139	11	5	406.5	288.0	
	14.9	429	112	69	47	5	15	8.80	350	144	27	127	10	5	394.3	254.7	0.289
	11.8	395	132	70	44	6	15	9.15	346	143	27	134	10	6	370.0	263.6	0.326
	14.2	418	112	70	46	4	17	8.68	305	136	24	122	10	6	364.2	265.1	0.337
	14.6	371	107	70	41	2	13	6.53	266	103	22	98	7	5	388.5	282.7	0.287
	18.5	369	117	70	39	1	15	7.33	275	119	26	118	7	5	375.0	274.1	0.302
	11.7	436	127	71	50	7	19	9.65	323	176	30	139	11	7	389.6	288.7	0.279
	11.2	390	136	66	46	5	16	9.08	298	164	27	134	10	6	375.5	284.9	0.390
	9.2	361	121	70	43	5	17	8.19	296	148	27	119	10	6	391.3	281.7	0.290
	7.7	405	124	67	51	5	17	7.89	286	149	23	109	10	6	412.0	312.0	0.298
	9.7	407	140	79	44	6	18	8.16	321	146	26	143	10	6	388.1	260.7	0.277
	12.7	375	122	76	48	6	17	8.38	298	127	26	144	10	6	358.6	266.2	0.312
	17.6	423	153	62	51	6	17	7.74	296	143	30	142	11	7	369.7	271.1	
	10.1	390	159	59	46	5	16	6.98	285	125	26	125	9	6	366.7	261	0.346
	24.9	381	131	62	43	6	16	8.30	271	152	27	129	9	6	385	314	0.314
	10	381	140	59	44	6	16	8.44	280	152	28	132	9	6	387	286.1	0.312
	7.6	414	138	66	45	5	17	8.79	307	170	28	146	11	7	399	296.1	0.281
	6.4	323	110	66	34	4	14	6.49	253	114	20	101	7	6	393.5	316.7	0.272
	15.2	407	109	61	45	6	18	9.34	320	170	30	140	10	7	359.6	328.8	0.322
	11.1	390	141	55	51	6	20	10	329	156	33	163	10	2	421	335.3	0.358
	9.3	404	117	81	42	5	14	8.45	329	140	26	127	10	7	381.1	327.4	0.341
Media	14.514	398.965	125.103	67.842	44.914	4.977	15.684	8.361	304.807	147.483	26.534	126.534	9.759	5.845	387.152	289.114	0.337
SD	6.145	34.268	13.086	6.541	5.580	1.473	1.713	0.855	25.202	16.638	3.068	13.836	1.014	0.875	16.941	21.929	0.055
CV	42.046	8.589	10.460	9.641	12.423	29.606	10.922	10.232	8.268	11.281	11.561	10.935	10.392	14.964	4.376	7.585	16.389

Tabla 5. Estándar de control M-2. Los valores debajo del límite de detección se ajustan a 2/3 el límite de detección antes de calcular la media, desviación estándar y coeficiente de variación.

M-2	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Co	Fe	Mn	Ba	Cr	V	Sr	Li	As	Sb	Hg
	3.2	362	56	82	13	14	18	8.09	332	78	50	222	23	5	462.8	61.3	0.197
	3.3	388	47	76	12	14	18	8.10	334	82	50	229	23	5	425.1	62.4	0.169
	1.9	367	65	84	13	14	19	9.28	350	75	56	253	22	5	462.2	71.6	0.141
	5.3	386	52	77	13	14	19	8.68	355	76	54	242	21	5	526.5	67.6	0.155
	2.4	365	48	72	12	13	18	8.31	323	74	52	231	21	5	430.2	66.0	0.126
		380	45	85	15	18	16	9.50	371	62	57	236	24	5	505.7	68.6	0.147
	3	398	38	80	14	17	16	8.96	351	65	56	228	24	6	505.9	76.5	0.111
	2	388	41	84	15	17	15	9.33	370	66	56	226	24	6	460.2	81.5	0.155
	2.5	391	44	78	15	16	18	8.75	362	67	54	214	24	6	483.0	75.5	0.145
	2.8	460	47	94	11	17	18	8.31	362	67	54	234	23	6	509.4	55.7	0.132
	3.1		41	82	12	15	15	7.50	326	60	49	220	23	6	482.1	59.4	0.135
	2.5	396	51	88	13	19	22	8.46	370	78	60	255	23	6	451.9	65.1	0.065
	2.2	381	43	88	15	18	22	8.28	376	76	60	250	23	6	418.9	78.3	0.102
	2.4	342	49	81	12	15	19	8.66	307	73	54	227	21	5	450.9	67.6	0.201
	2.7	330	50	83	12	15	19	9.28	304	67	59	254	22	5	476.4	77.4	0.207
	1.8	371	38	88	8		18	8.15	325	72	41	226	23	6	386.8	59.4	0.101
	2.7	404	61	84	9		18	8.50	334	74	48	235	23	6	445.0	66.1	0.118
	2.4	345	42	67	12	15	13	8.32	311	70	53	219	20	6	448.1	67.0	0.145
	2.3	352	48	73	11	16	18	8.69	299	64	53	228	19	5	509.6	66.3	0.139
	2.8	369	50	77	11	15	14	7.35	306	69	47	202	21	5	432.4	47.2	0.152
	2.4	361	41	69	13	15	13	7.15	331	70	45	198	22	5	419.4	67.6	0.125
	2.6	340	54	75	10	15	24	7.43	306	74	54	223	24	6	465.4	45.2	0.098
	2.8	334	46	89	10	15	22	8.11	308	74	56	243	21	5	530.6	49.1	0.114
	5.1	403	50	95	14	16	17	8.47	354	55	56	236	21	6	473.8	62.7	0.088
	2.9	404	42	80	13	16	15	7.57	346	59	51	210	23	5	422.1	67.5	0.103
	3.9	348	37	63	10	15	18	8.36	290	62	49	221	20	5	529.0	84.3	0.101
	6.8	307	44	66	11	15	21	9.33	325	64	50	235	21	5	455.1	80.5	0.107
	3.4	382	34	84	13	16	22	8.81	330	76	57	245	20	6	480.4	63.5	0.127
	8.8	384	36	81	11	13	20	8.85	322	64	51	232	19	5	507.4	65.6	
	2.4	397	52	55	12	16	22	8.82	351	79	62	251	25	6	484.6	81.7	0.132
	3.0	452	53	83	12	16	20	9.62	326	69	59	244	23	5	536.5	72.1	0.103
	2.8	384	41	76	10	17	14	8.47	324	64	46	216	23	5	461.2	69.9	0.129
	4.1	354	40	73	11	17	18	9.47	315	63	54	243	21	5	489.5	76.0	0.137
	2.3	361	44	85	13	17	16	8.83	389	63	56	231	23	4	488.0	70.9	
	4.1	426	38	92	12	18	17	8.82	380	61	56	241	23	5	451.6	76.8	0.123
	3.1	344	53	79	14	14	19	9.39	303	66	61	260	19	5	539.4	67.3	
	4.3	351	49	79	12	14	19	8.52	326	74	59	229	22	5	448.1	61.3	0.110
	2.9	360	56	73	13	17	20	7.97	334	77	58	254	22	6	464.4	65.4	0.106
	2.3	333	41	70	11	15	18	6.51	320	68	47	206	24	5	376.9	64.4	0.112
	2.8	443	45	93	11	18	18	10.0	412	65	66	295	26	5	482.1	73.6	
	2.2	333	43	76	13	16	20	9.22	316	67	55	235	21	5	435.3	61.8	0.161
	2.6	410	45	83	14	18	16	8.09	364	58	53	236	21	5	460.2	77.8	0.117
	2.2	410	38	81	11	16	16	8.13	340	63	54	236	22	5	460.2	69.4	0.109
	3.8	365	34	80	12	15	16	7.94	348	57	49	211	22	3	453.8	69.8	0.149
	5.7	355	43	75	12	15	17	7.69	331	55	49	213	21	3	456.5	73.1	0.160
	3.5	398	43	81	14	18	18	8.46	362	62	54	232	22	4	457.7	74.0	0.105
	8.8	413	42	80	12	18	17	8.78	377	61	55	238	22	5	466.7	73.5	0.115
	2.6	346	38	96	11	17	21	8.82	314	71	57	239	23	5	474.5	59.1	
	2.3	411	48	90	12	17	17	8.91	363	63	57	242	22	6	515.7	65.7	0.207
	2.3	357	49	86	10	17	19	8.37	304	65	60	243	21	5	535.8	67.9	0.142
	1.5	354	59	82	11	17	19	7.99	307	68	52	237	21	6	480.2	64.2	0.115
	7.2	401	42	93	15	17	17	8.73	382	66	54	236	23	5	448	53.9	0.119
	3.8	395	41	92	14	17	17	9.56	367	61	59	258	21	4	568.9	64.2	0.116
	2.8	350	50	84	13	17	17	8.82	336	64	52	237	20	5	470.9	68.2	0.151
	1.8	356	52	85	17	18	17	8.97	345	69	54	239	21	5	501.8	60	0.115
	2.7	322	38	73	9		17	7.06	297	60	51	190	14	4	473.1	62	0.103
	2.5	357	40	79	10	12	18	7.7	316	65	56	235	16	5	511	63.9	0.107
	4	368	54	90	13	17	21	9.84	366	78	58	266	23	6	524.1	74.1	0.183
	2.6	400	48	80	13	18	21	10	365	78	58	268	25	6	483.3	86.3	0.106
	1.2	350	41	83	12	17	20	8.53	325	65	56	235	22	5	497.1	76.5	0.122
	1.5	368	41	80	12	18	19	8.57	333	68	56	232	24	6	486.8	67	0.109
	2.3	348	46	96	11	17	22	8.55	344	68	54	278	22	6	491.5	63.6	0.127
	2	335	38	89	11	17	20	8.49	332	63	54	277	21	5	477.1	63.1	0.095
	2.3	401	56	87	13	16	20	7.47	334	66	57	256	23	6	449.7	58	0.137
	1.6	378	57	67	13	15	19	6.49	309	64	48	213	21	6	438	58.2	0.097
	4.3	351	59	83	12	18	20	7.84	316	75	59	252	22	5	484.3	88.9	0.129
	2.8	346	51	82	12	18	20	8.72	317	75	59	261	21	6	510.4	76.4	0.118
	2.3	399	46	78	14	17	22	9.44	353	71	64	312	24	6	526.9	76.9	0.108
	3.2	420	49	85	13	17	20	8.78	349	69	58	290	24	6	488.9	75	0.125
	2.4	353	37	71	12	17	21	8.51	331	72	54	229	23	6	413.2	69.8	0.105
	2.3	353	42	76	11	15	20	8.76	315	65	55	235	21	5	466.3	72.1	0.112
	4.9	355	45	81	12	18	22	9.98	357	78	60	272	24		420.4	72.2	0.122
	2.3	365	58	77	15	19	22	9.54	368	80	57	252	23		444.2	71.2	0.127
	2.7	404	41	88	14	18	17	9.20	381	70	58	255	25	6	458.8	71.6	0.149
	5.4	379	58	78	13	17	16	7.98	351	67	53	222	22	6	456.6	85.8	0.117
Media	3.142	373.635	46.187	80.933	12.267	16.264	18.493	8.546	338.067	68.120	54.600	238.747	22.027	5.288	472.887	68.548	0.128
SD	1.483	30.562	6.935	7.892	1.622	1.520	2.350	0.754	25.429	6.335	4.466	21.503	1.889	0.697	36.487	8.614	0.028
CV	47.200	8.180	15.016	9.751	13.222	9.344	12.709	8.825	7.522	9.300	8.180	9.007	8.574	13.176	7.716	12.567	21.845

Tabla 6. Estándar de control PE. Los valores debajo del límite de detección se ajustan a 2/3 el límite de detección antes de calcular la media, desviación estándar y coeficiente de variación.

PE	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	Ni	Co	Fe	Mn	Ba	Cr	V	Sr	Li	As	Sb	Hg
	1.7	998	45	135	7	24	28	>10	395	63	61	231	4	4	1473.6	7.3	0.193
	2.2	1035	56	144	7	24	30	>10	415	64	64	239	4	5	1462.3	6.5	0.192
	1.3	1048	48	135	7	24	30	>10	413	65	62	236	4	4	1422	7.5	0.204
	1.5	1003	49	143	6	23	29	>10	392	63	61	235	4	4	1395.6	6.6	0.155
	1.3	1045	43	128	7	24	30	>10	403	67	63	238	4	5	1513.9	6.3	0.166
	0.133	1001	129	143	9	24	29	>10	382	64	64	241	4	4	1518.3	9.2	0.144
	2.1	1125	56	134	8	28	27	>10	405	50	62	217	5	5	1454.7	11.3	0.121
	2.4	1123	29	150	8	27	28	>10	435	52	64	217	6	5	1390.4	7.6	0.163
	0.7	1083	44	144	8	28	28	>10	440	53	63	213	6	5	1469.2	7.5	0.154
	2.4	1337	44	169	6	28	28	>10	440	51	62	227	6	5	1490.6	5.6	0.111
	1.7	1289	87	180			31	>10	393	53	72	248	1	3	1590.6	5.8	0.147
	0.4	1098	50	164	7	33	32	>10	454	69	76	263	6	5	1488.9	5.5	0.152
	1.6	921	56	145	6	26	30	>10	373	57	65	234	5	5	1374.5	6.5	
	1.3	1081	52	164	8		32	>10	398	61	58	240	6	5	1447.9	7.4	0.120
	2	985	43	141	5	27	25	>10	378	56	62	225	4	5	1425	9	0.176
	1.5	1024	48	138	5	28	23	>10	386	55	58	231	5	4	1583.9	4.6	0.187
	1.4	943	60	155	8	31	38	>10	383	66	69	251	6	5	1600	5.7	0.158
	1.9	1266	59	157	7	28	27	>10	444	50	66	235	5	4	1467.2	6.8	0.122
	1.8	918	42	119	5	24	28	9.68	365	53	56	211	5	4	1409.4	8.8	0.148
	1.7	867	47	130	6	26	33	>10	382	54	60	235	5	4	1492.5	10.1	0.111
	0.5	1035	61	141	5	26	35	>10	422	64	68	238	6	5	1445	7.4	
	1.3	1017	53	125	5	29	36	>10	440	67	74	246	7	5	1485.6	6.9	0.198
	1.4	1092	35	135	5	26	28	>10	377	55	56	220	5	4	1417.7	9.9	0.162
	1.8	1141	51	174	8	30	29	>10	463	54	69	246	6	5	1460.1	9.2	0.124
	1.4	1036	62	141	8	25	31	>10	397	66	72	243	4	5	1460.7	8.2	0.135
	1.3	1116	39	139	7	31	37	>10	467	73	73	258	6	6	1225.0	8.6	0.121
	1.3	1252	52	186	8	29	30	>10	471	50	71	264	6	5	1495.2	7.8	0.184
	1.4	1136	39	161	7	29	28	>10	465	54	67	241	5	5	1372.1	11	0.121
	1.8	1129	45	160	7	28	28	>10	450	51	68	250	5	4	1537.7	10.5	0.128
	2.7	1189	57	163	6	27	27	9.96	422	51	63	230	5	4	1553.9	7.9	0.169
	2.1	1274	52	173	9	30	31	>10	541	62	68	245	6	4	1323.6	9.3	0.125
	2.6	1153	33	154	8	27	27	>10	455	51	64	227	5	4	1279.6	8.3	0.154
	1.8	1199	48	179	7	29	29	>10	450	51	65	236	5	4	1488.2	7.9	0.164
	3.1	1160	42	171	7	30	29	>10	453	50	66	234	5	3	1429.6	8.8	
	1.8	1104	58	163	7	30	29	>10	420	54	67	237	6	5	1349.1	7.8	
	0.2	977	49	146	5	27	30	9.51	376	59	59	230	5	4	1541.2	11	0.171
	0.133	973	50	152	5	35	31	9.46	394	60	62	235	6	5	1338.5	8.8	0.136
	2.8	1161	47	163	8	28	28	>10	437	51	65	239	5	4	1477.4	10.7	0.144
	1.6	1175	42	154	10	29	28	>10	438	52	64	231	5	4	1502.0	11.2	0.080
	1.0	1005	58	134	8	29	28	>10	398	55	60	233	6	4	1571.2	13.3	0.152
	1.0	1008	41	143	8	30	30	>10	417	58	62	238	7	5	1547.1	6.5	0.119
	1.3	924	56	129	5	23	28	9.09	370	54	64	226	4	4	1503.8	7.5	0.135
	2.5	926	53	139	4	23	29	9.47	364	54	66	234	4	4	1632.4	7.8	0.121
	1.0	1119	56	158	7	29	34	>10	427	63	67	252	6	5	1642.6	8.2	0.141
	1.2	1139	54	153	6	30	33	>10	426	66	67	266	6	5	1511.3	9.1	0.146
	0.3	893	54	130	5	29	31	9.92	395	58	63	218	6	5	1589.2	13.2	0.147
	0.2	954	30	129	5	27	31	>10	366	53	60	220	6	5	1596.2	9.2	0.146
	1.2	947	49	154	7	29	32	>10	412	60	64	269	6	5	1357.4	7.1	0.169
	2.1	843	43	142	5	24	28	9.49	364	53	56	244	5	4	1523.4	7.2	0.105
	1.3	1132	55	141	6	26	30	8.71	404	55	63	246	6	5	1571.4	10.9	0.137
	1.2	967	63	151	5	24	28	7.96	357	48	58	216	5	5	1520.1	9.8	0.125
	1.5	981	49	136	6	31	34	>10	399	65	69	250	6	5	1581.4	9.5	0.131
	1.3	1024	48	151	6	30	30	9.96	391	62	67	244	5	5	1435.6	10	0.134
	1.2	1053	43	138	6	29	34	10	445	62	67	271	5	6	1368.6	10.9	0.145
	1.2	1021	53	171	5	27	33	9.97	435	56	67	273	5	5	1651	9.4	0.135
	1.6	1025	42	134	5	27	31	>10	368	56	66	247	6	5	1580.8	10.4	0.163
	0.6	995	48	136	6	32	36	>10	440	67	74	278	6	1	1485.6	9.3	0.228
	2.3	1174	73	166	10	29	29	>10	456	56	70	250	6	5	1324	10.2	0.160
Media	1.484	1062.741	51.207	148.224	6.614	27.679	30.103		414.621	57.621	64.810	239.517	5.259	4.534	1476.307	8.557	0.148
SD	0.628	109.573	14.153	16.096	1.398	2.664	2.894		35.997	6.092	4.636	15.265	0.983	0.777	91.842	1.877	0.028
CV	45.986	10.310	27.639	10.859	21.143	9.623	9.613		8.682	10.573	7.153	6.373	18.700	17.140	6.221	21.930	18.696

